Primjena simulacijskog modeliranja u analizi procesa otpreme robe iz skladišta

Pušić, Zvonimir

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:095684

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 4. svibnja 2021.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**
Predmet: **Osnove simulacija u prometu i logistici**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 6429

Pristupnik: **Zvonimir Pušić (0135253330)**
Studij: Inteligentni transportni sustavi i logistika
Smjer: Logistika

Zadatak: **Primjena simulacijskog modeliranja u analizi procesa otpreme robe iz skladišta**

Opis zadatka:

Prikazati prednosti i nedostatke simulacijskih metoda općenito, te mogućnost primjene simulacijskih modela u svrhu analize logističkih procesa. Izraditi simulacijski model logističkog procesa otpreme robe iz skladišta i provesti simulacijski eksperiment sa stvarnim ili fiktivnim ulaznim podacima. Prikazati i objasniti rezultate simulacijskog eksperimenta.

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Ratko Stanković

Predsjednik povjerenstva za završni ispit:

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Zvonimir Pušić

PRIMJENA SIMULACIJSKOG MODELIRANJA U ANALIZI PROCESA OTPREME ROBE IZ SKLADIŠTA

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

PRIMJENA SIMULACIJSKOG MODELIRANJA U ANALIZI PROCESA OTPREME ROBE IZ SKLADIŠTA

APPLYING SIMULATION MODELING IN ANALYSIS OF THE WAREHOUSE EXPEDITING PROCESS

Mentor: izv. prof. dr. sc. Ratko Stanković

Student: Zvonimir Pušić

JMBAG: 0135253330

Zagreb, 2021.

PRIMJENA SIMULACIJSKOG MODELIRANJA U ANALIZI PROCESA OTPREME ROBE IZ SKLADIŠTA

SAŽETAK

Razvoj računala te simulacijskog modeliranja je doveo do mogućnosti analiziranja realnih sustava te između ostalog i logističkih sustava i procesa u njima. Danas postoji niz simulacijskih alata koji omogućuju detaljnu provedbu simulacije svih vrsta sustava i procesa. Preciznim ulaznim podatcima simulacija ostvaruje i realističnije rezultate te daje na uvid količinu potrebnih resursa, transportnih sredstava, količine potrebnog materijala i sl. Uzimajući podatke iz stvarnog skladišnog procesa napravljena je simulacija procesa otpreme robe koji spada u jedne od najbitnijih skladišnih procesa te je povezan i ovisan o procesima koji mu prethode. Provedena je analiza rezultata te predložena moguća nova rješenja ili promjene. Također su opisani i ostali skladišni procesi iz stvarnog logističkog sustava.

KLJUČNE RIJEČI : simulacijsko modeliranje, simulacijski alati, otprema robe, skladišni procesi

SUMMARY

The development of computers and simulation modeling has led to the possibility of analyzing real systems and logistics systems and processes in them. Today, there are a number of simulation tools that allow detailed implementation of simulations of all types of systems and processes. With precise input data, the simulation achieves more realistic results and provides insight into the amount of required resources, means of transport, quantities of required materials, etc. Taking data from the actual warehousing process, a simulation of the expediting process was made. Expediting process belongs to one of the most important warehousing processes and its connected and dependent on the processes that precede it. An analysis of the results was carried out and possible new solutions or changes were proposed. Other warehousing processes from the actual logistics system are also described.

.

KEY WORDS: simulation model, simulation tools, expediting process, warehouse processes

SADRŽAJ

1. Uvod....1

2. Prednosti i nedostaci simulacijskih metoda....2

3. Simulacijski programski alati....4

3.1. ExtendSim....4

3.2. Arena Rockwell....7

3.3. FlexSim....9

4. Simulacijski model procesa otpreme robe iz skladišta na primjeru iz prakse....11

4.1. Prijem robe....11

4.2. Pohrana robe....12

4.3. Podizanje robe (sakupljanje)....13

4.4. Komisioniranje....13

4.5. Pakiranje....13

4.6. Otprema robe (ekspedit)....14

4.6.1. Simulacija procesa otprema robe....15

5. Prikaz rezultata simulacijskog eksperimenta....30

6. Zaključak....38

Literatura....40

1. Uvod

Razvitkom računala i tehnologije je došlo i do razvitka simulacijskih metoda. Sa simulacijskim metodama i alatima se svi realni procesi mogu zamijeniti modelima i pomoću računalnih simulacijskih alata simulirati te analizirati. Svrha simulacije je u poboljšavanju postojećeg sustava te se pomoću simulacija može predvidjeti isplativost ili ostvarivost nekog procesa.

U modernim logističkim tvrtkama računala se koriste u svim vrstama procesa i skladišnim operacijama. Tvrtke postanu veliki informatički sustav s kojim se prate i obrađuju narudžbe te formiraju pošiljke, kreiraju rute, prate transportna vozila kako bi se moglo odmah reagirati na neki problem prilikom dostave ili kako bi kupci od kuće mogli znati gdje im se točno nalazi pošiljka.

Tema ovog završnog rada je opisati simulacijske modele te navesti najpoznatije, prikazati skladišne procese na primjeru iz prakse te napraviti analizu skladišnog procesa otpreme robe i prikazati te analizirati rezultate .

Rad se sastoji od sedam cjelina te su nakon uvoda opisivane prednosti i mane simulacijskih metoda. U trećoj cjelini se opisuje nekoliko najpoznatijih simulacijskih programskih alata. Četvrta i peta cjelina obuhvaća i sam simulacijski model otpreme robe iz prakse, a osim otpreme robe opisivani su i ostali procesi u skladištu. Nakon provedbe simulacijskog modela se analiziraju dobiveni rezultati. Na kraju rada donosi se zaključak na temelju simulacijskog modela i rezultata povezan sa opisanom teorijom u cjelinama iznad.

2. Prednosti i nedostaci simulacijskih metoda

Ukratko, simulacija je oponašanje funkcioniranja nekog stvarnog procesa ili sustava uzimajući u obzir i protok vremena, putem nekog modela, situacije ili aparata, a sve s ciljem dobivanja potrebnih informacija. Simulacijom se provjeravaju pretpostavke iz konceptualnog modela zadanim brojem ponavljanja procesa i definiranim trajanjem simulacije provjerava teorijska pretpostavka realnog sustava. [1]

Mnoge su prednosti simulacija, jedna od glavnih je što do optimalnog rješenja je potrebno više ponavljanja eksperimenta, a to je ono što sama simulacija omogućuje. Sa simulacijom se eksperiment može ponavljati beskonačno puta te svaki put se mogu promijeniti određeni parametri kako bi se došlo do najboljeg, najefikasnijeg ili najjeftinijeg rješenja. Svaki rezultat simulacije se može detaljno analizirati te se može i grafički zapisati radi lakšeg pregleda u obliku tablica grafova i sl. Na taj način tvrtka imati više povoljnih simulacijskih modela i ovisno o stanju u skladištu može primijeniti jedan od njih u praksi. Ako u skladištu fali radnika tada se može primijeniti metoda koja maksimalno iskorištava radnike no u potrošnji materijala nije toliko efikasna, ali to firmi u tom trenutku nije bitno. U praksi se tijekom obavljanja nekog procesa ne vidi prostor za napredak dok na papiru ili tijekom simulacije se može uvidjeti kako se negdje može uštedjeti na vremenu, materijalu ili radnoj snazi. Zato je traženje optimalnog stanja procesa jednostavnije pomoću simulacijskih metoda od traženja korelacija između elemenata u stvarnom sustavu skladišta, a i tvrtka neće ostvarivati maksimalnu zaradu dok će tražiti optimalno stanje procesa ukoliko će to raditi u stvarnom sustavu. Takvom metodom bi tvrtka mogla mijenjati broj radnika ili skladišne mehanizacije dok ne nađe optimalni odnos radne snage i opreme s obzirom na obujam posla. To znači da će u nekom trenutku previše radnika i skladišne mehanizacije raditi na nekom skladišnom procesu što je gubitak za tvrtku. Simulacijskim modelom taj isti skladišni proces bi mogao biti optimiziran kroz par iteracija tog procesa bez gubitaka za tvrtku.

Nedostaci simulacija su u problemu izrade simulacije. Jer da bi se realni sustav prikazao u obliku simulacijskog modela potrebno je imati određene empirijske podatke o procesu ili sustavu koji se promatra. Ako se želi ostvariti velika točnost simulacije tada je potrebno određeni

vremenski period pratiti i zapisivati podatke samog procesa ili sustava. Također se može i mijenjati određene parametre (broj radnika ili viličara) te zapisivati i usporediti dobivene podatke koji će kasnije biti primijenjeni u simulacijski model. Na taj način tvrtka ne ostvaruje maksimalni dobit sve dok traje prikupljanje podataka. Samo prikupljanje podataka može trajati veliki vremenski period jer većina skladišta nema isti promet tijekom cijele godine (npr. ljetni mjeseci imaju mnogo više prometa nego zimski), a to znači da je potrebno prikupljati podatke u svakom vremenskom periodu tijekom godine te će na taj način tvrtka imati optimalni simulacijski model za poslovanje zimi kao i ljeti. Mnoga skladišta imaju posebnu vrstu proizvoda koja ima svoju sezonu prodaje (automobilske gume u proljeće i početkom zime) te se tada u potpunosti mijenja poslovanje skladišta jer velik dio prostora skladišta zauzimaju zalihe gume te se dio radnika i mehanizacije usmjeruje samo na taj proizvod. Realni sustavi su kompleksni i nemoguće ih je prenijeti u simulacijski program apsolutno jednako kakvi su i u stvarnosti te se tada javljaju odstupanja u krajnjem rezultatu. Podaci se tada moraju odbaciti jer je prilikom obavljanja skladišnog procesa otkriven problem koji nije bi vidljiv u simulaciji (npr. povećanjem broja viličara zanemaren je broj punionica za baterije samih viličara). Tako da je potreban određeni vremenski period da simulacije počinju ostvarivati rezultate u stvarnom sustavu skladišta.

3. Simulacijski programski alati

Simulacije ne bi bilo moguće provesti bez korištenja simulacijskih alata. Simulacijski alati su osnova modernih simulacijskih modela, a pogotovo onih koji su temeljeni na realnim sustavima s velikim brojem ulaznih podataka i procesima koji su kompleksni. Korištenjem računala koja obavljaju ogroman broj operacija u sekundi moguće je izvesti tisuće ponavljanja nekog procesa u svega nekoliko sekundi.

Jedni od najpoznatijih simulacijskih alata koji se danas koriste su:

- ExtendSim ,
- FlexSim,
- Delmia Quest,
- Arena Rockwell .

3.1. ExtendSim

ExtendSim je jedan od mnogobrojnih alata za izradu simulacijskih modela i simuliranje operacijskih procesa. Vrlo je jednostavan za korištenje, ali isto tako i iznimno efikasan alat za simuliranje procesa (Slika 1). Pomaže razumijevanju složenih sustava i daje brzo pouzdane rezultate simuliranja. [2]

Dolazi s velikom bibliotekom komponenti za modeliranje koje korisnicima pomažu u brzom stvaranju i istraživanju njihovih dizajna. Na primjer, aplikacija ima napredne alate za pohranu podataka, manipulaciju i organizaciju koji korisnicima omogućuju kontrolu. Aplikacija uključuje opće alate, kao i posebne funkcije koje su prikladne za tržišne segmente. Možete odabrati između nekoliko različitih verzija ExtendSim -a kako biste postigli najbolje moguće rezultate: ExtendSim CP, ExtendSim DE i ExtendSim Pro. [3]

ExtendSim CP je osnovni proizvod koji također uključuje modul za modeliranje kontinuiranog procesa. Uključuje neke osnovne značajke, kao i posebne komponente za stvaranje modela koji predstavljaju kontinuirane procese koji uključuju poslovanje, znanost i inženjering. Tijekom izvođenja simulacija, softver pruža interaktivne dijaloge i vizualne kontrole koje možete koristiti za izmjenu svog rada u stvarnom vremenu. Nakon stvaranja i optimiziranja eksperimenta, možete izvesti svoje rezultate u različite formate datoteka. ExtendSim koristi relacijsku bazu podataka kao svoju okosnicu. Slijedom toga, možete uštedjeti vrijeme stvaranjem novih simulacija pomoću podataka iz prethodnih modela. [3]

ExtendSim DE je modul koji je potreban tvrtkama za simulaciju diskretnih događaja. Njegova arhitektura zasnovana na porukama proširuje mogućnosti softvera tako da možete istraživati operativne performanse. [3]

Na kraju, ExtendSim Pro nudi napredne simulacijske tehnologije koje nadilaze uobičajene kontinuirane i diskretne simulacije događaja. Njegove značajke uključuju modul s diskretnom brzinom za simulaciju sustava koji uključuje spremnike, ventile, razine, skladištenje i kretanja temeljena na brzini. ExtendSim Pro dolazi s integracijama programa Excel i Oracle. Ovi dodaci mogu pomoći tvrtkama u uklanjanju suvišnih dokumenata za unos i dizajn te aplikacija koje crpe iz podataka u stvarnom vremenu. [3]

Svaka od tri verzije ExtendSima dolazi po zasebnoj cijeni. Ako odlučite kupiti softver, možete odabrati i jednu od nekoliko razina održavanja i podrške aplikacija. U konačnici, ExtendSim je izvanredan softverski proizvod za simulaciju proizvodnje koji može pomoći tvrtkama u projektiranju, analiziranju i optimiziranju širokog raspona složenih procesa. Vizualno okruženje nudi 2D i 3D animacije realnog modela za poboljšanu prezentaciju. ExtendSim je kompatibilan sa mnogim platformama, što dodatno pojednostavljuje njegovu primjenu i korištenje gotovih primjera u drugim aplikacijama. [3]

S ExtendSim može se:

• predvidjeti tijek i rezultate pojedinih akcija ,

• pretpostaviti i potaknuti kreativno razmišljanje ,

• vizualizirajte procese logičnom ili u virtualnom okruženju ,

• identificirati problematična područja prije provedbe ,

• istražite potencijalne učinke izmjena ,

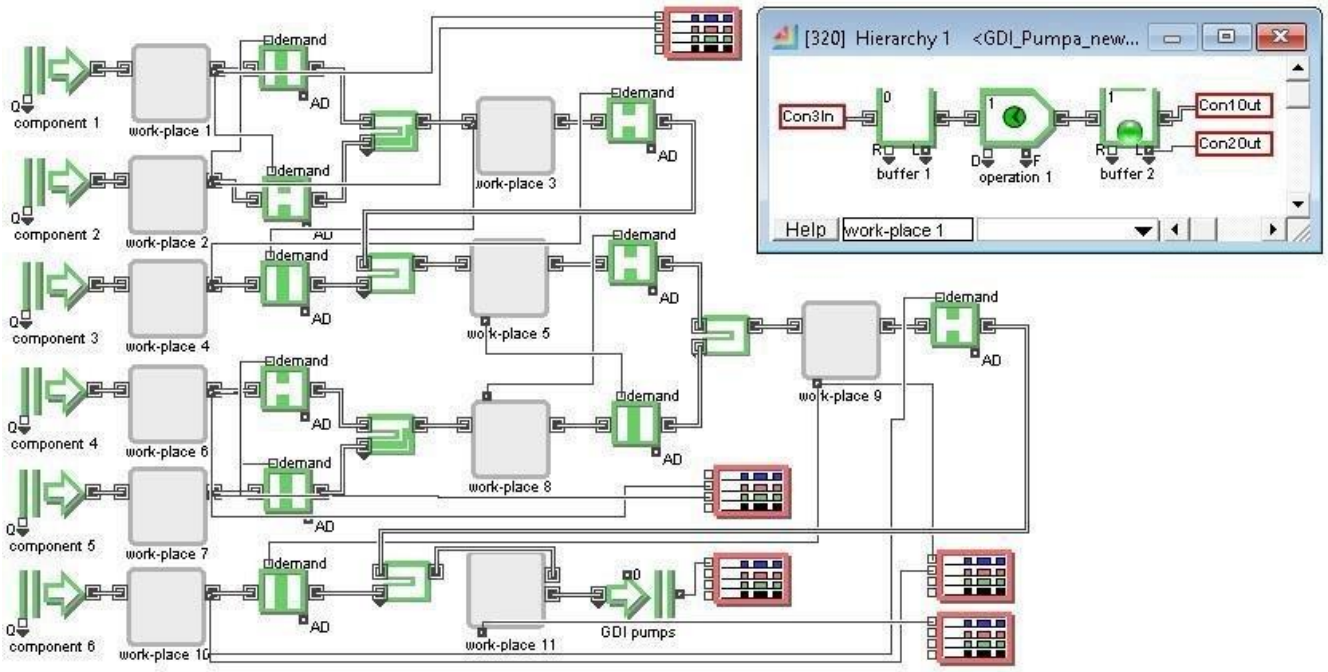
• potvrdi da li su sve varijable poznate ,

• optimizirati poslovanje ,

• procijeniti ideje i identificirati neučinkovitosti ,

• razumjeti zašto promatrani čin odvija ,

• predvidjeti u cjelovitosti provedivost svojih planova. [2]



Slika 1. Prikaz simulacijskog modela u ExtendSim simulacijskom alatu [4]

3.2. Arena Rockwell

Arena Rockwell je simulacijski alat namijenjen za simulaciju diskretnih i automatiziranih događaja. Diskretna simulacija događaja omogućuje brzo analiziranje procesa ili ponašanja sustava tijekom vremena, omogućuje dobivanje odgovora na pitanja "zašto" ili "što ako", i redizajna procesa ili sustava bez ikakvih financijskih gubitaka. [5]

Danas Arena softver koriste brojne tvrtke koje s u svom poslovanju bave simulacijama, a neke od njih su: UPS, IBM, Lufthansa, General Motors, Nike, Xerox, Ford Motor Company.

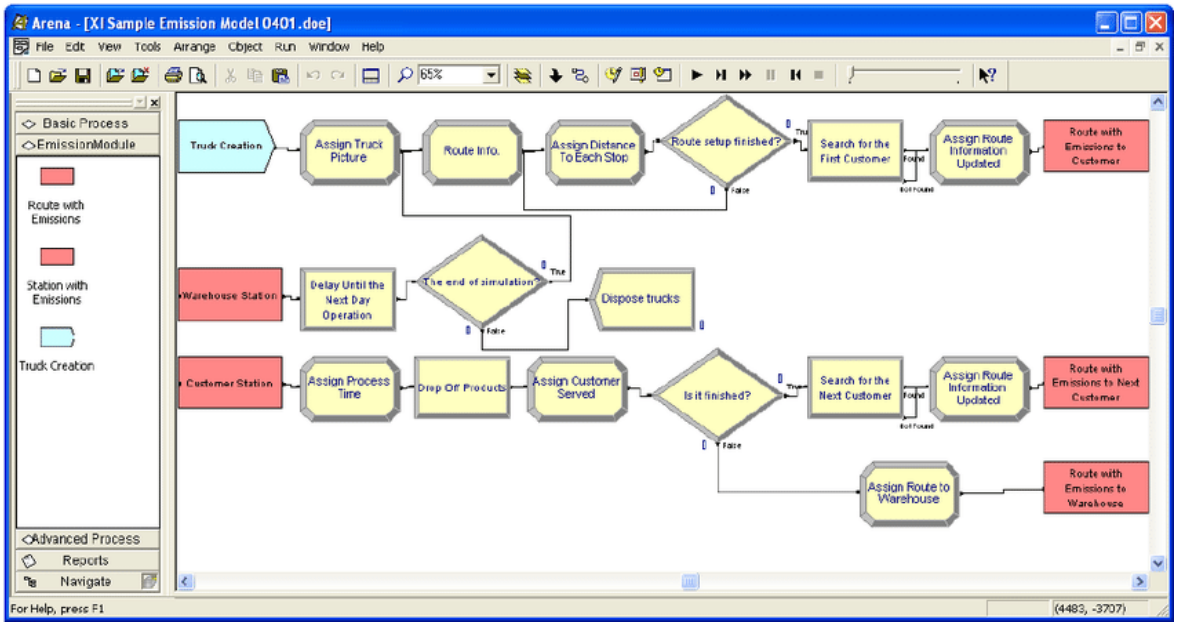
Sa Arena Rockwell simulacijskim alatom tvrtka može svoje poslovanje modelirati kako god želi s ciljem poboljšanja svog poslovanja. Arena simulacija pruža uvid u mnoge procese unutar tvrtke, simulira buduće karakteristike sustava i omogućuje uspoređivanje sadašnjeg i budućeg sustava. Takvom usporedbom utvrđuje mogućnosti za poboljšanje samog sustava ili procesa. [5]

Arena široku primjenu nalazi radi mogućnosti rješavanja brojnih logističkih problema. Ima mogućnost dijagnosticirati problem te omogućuje rješavanje problema poput pojavljivanja uskog grla, smanjenja vremena isporuke robe, boljeg upravljanja zalihama ili radnim osobljem te kroz sve svoje operacije poboljšati ukupnu profitabilnost cijelog sustava i poboljšati sveukupno poslovanje tvrtke. [5]

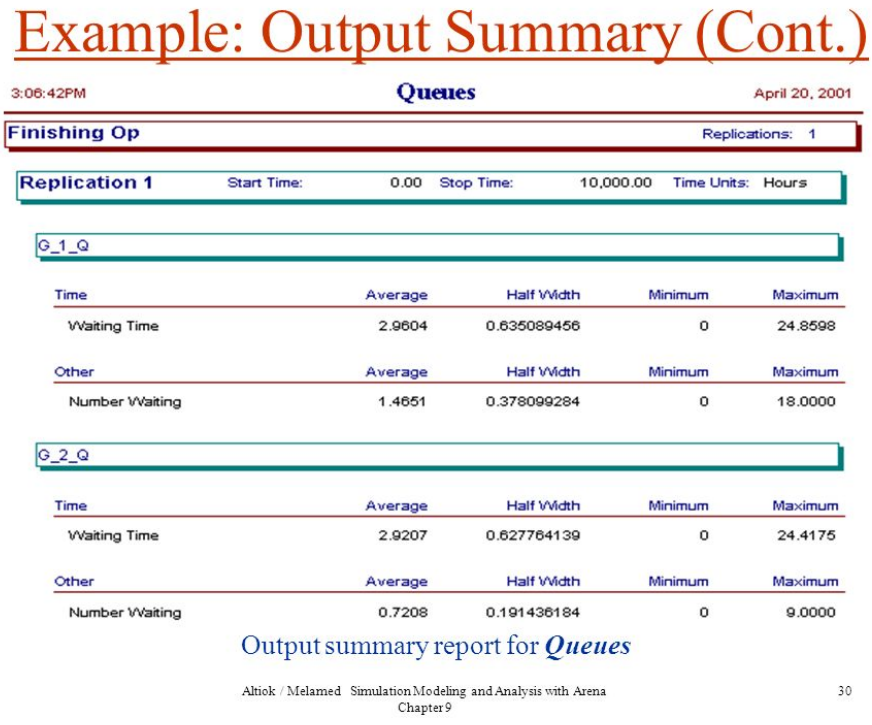
Rad u Areni se temelji na slaganju blokova u obliku dijagrama toka. On se izrađuje preko grafičkog sučelja (Slika 2) na kojem se nalaze svi potrebni elementi i nije potrebno znanje programskih jezika, što je velika prednost jer se kod automatski generira nakon izrade dijagrama.

Ovisno o zadanim parametrima u samoj simulaciji, Arena daje izvješće provedene simulacije u kojem daje podatke o svim resursima, entitetima i obavljenim aktivnostima (Slika 3). Iz izvješća se može vidjeti učinkovitost pojedinih koraka (utrošeno vrijeme), moguća kašnjenja (zbog rezervacija resursa u aktivnostima) te se na temelju toga mogu dati preporuke za poboljšavanje samog sustava.

U cilju potpore studentima te profesorima Rockwell je izbacio besplatnu inačicu Arena Academic s nekim ograničenim funkcionalnostima.



Slika 2. Prikaz simulacijskog alata Arena Rockwell [6]



Slika 3. Primjer analize rezultata u simulacijskom alatu Arena [7]

3.3. FlexSim

FlexSim je jedan od najnaprednijih alata za modeliranje, analizu i optimiziranje bilo kojeg procesa koji se može odvijati u stvarnom vremenu. Temelji se na trodimenzionalnom prikazu sustava te pruža izradu modela stvarnog sustava, njegovu simulaciju i proučavanje tog sustava (Slika 4). Na temelju izvedene simulacije dobivaju se opširna izvješća o izvedbi, pomoću kojih se mogu identificirati problemi i slabosti u sustavu te se ti problemi mogu otkloniti izabiranjem optimalnog rješenja u kratkom vremenskom roku. [8]

Volkswagen, Boeing, Coca-Cola su neke od proizvodnih tvrtki koje koriste FlexSim. Od logističkih tvrtka bitno je izdvojiti FedEx, DHL, APM terminal itd. [8]

Glavne karakteristike FlexSim alata su:

• jednostavna primjena,

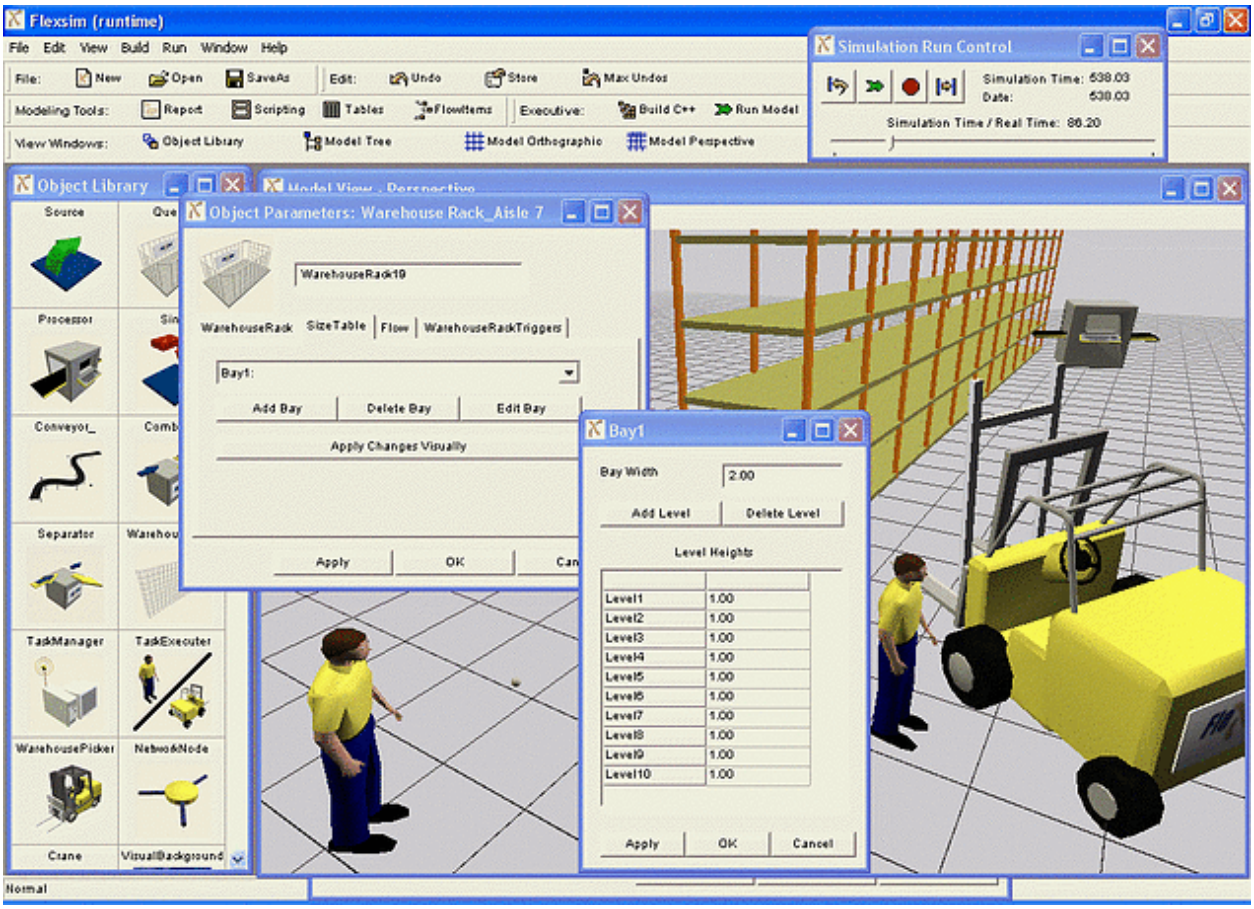
• grafička i statička analiza sustava (jednostavna izrada tablica i grafova),

• mogućnost predviđanja potrebnih optimizacija u sustavu sa integralnim sučeljem za integralne optimizacije,

• vrlo realna vizualizacija procesa u 3D prikazu,

• mogućnost izrade novih proizvoda koji se lako primjenjuju u FlexSim sustav,

• jednostavna implementacija modela stvorenih sa drugim simulacijskim alatima, te laka integracija sa ostalim programima (Excel). [8]



Slika 4. Prikaz simulacijskog alata FlexSim [9]

4. Simulacijski model procesa otpreme robe iz skladišta na primjeru iz prakse

U svakom skladištu postoji desetak skladišnih procesa, a među njima se izdvajaju četiri osnovna procesa:

- Prijem robe,
- Pohrana robe u skladište,
- podizanje robe na osnovi zahtjeva korisnika i priprema za otpremu (komisioniranje),
- otprema robe iz skladišta prema korisniku. [10]

Od procesa prijema do otpreme robe same robe u skladištu se mogu odvijati i aktivnosti kao što su: prerada, kontrola na ulazu ili izlazu, skladištenje robe, sortiranje te pakiranje i priprema za otpremu na izlazu.

Na primjeru iz prakse odnosno projektu škola tvrtke Ekupi analizira se prijem robe, pohrana robe po lokacijama, podizanje robe (sakupljanje narudžbi po nalozima), komisioniranje, pakiranje te sama otprema robe koja je i tema ovog rada.

4.1. Prijem robe

Prijem robe je prvi skladišni proces. Odjel nabave izrađuje najavu dolaska robe koja omogućuje izradu rasporeda iskrcavanja robe te pripremu sustava za prijem robe i organiziranje radnika odnosno studenata ovisno o količini robe koja se zaprimi u određenom vremenskom periodu. Prostor za prijem robe je ograničen te u slučajevima kada je frekvencija dolaska kamiona na utovarnu rampu sa robom za prijem visoka tada je potrebno velik dio radnika usmjerit na prijem robe kako ne bi došlo do manjka prostora te bih došlo do kašnjenja istovara i nepoštivanja rokova. Prijem je prva točka kontrole robe na ulazu i prije nego što se roba istovari u na rampu radi se provjera robe u dolasku prema otpremnici. Prilikom istovara roba se prvobitno odlaže u zonu za iskrcavanje gdje se vrše dodatne ulazne kontrole poput prebrojavanja robe i sl. Ponekad je potrebno obaviti raspakiravanje robe ukoliko je pristigla pakirana u veće jedinice ili je roba mješovito pakirana. Nakladnici koji surađuju sa tvrtkom Ekupi (Školska knjiga, Profil i sl.) pakiraju

knjige u pakete koji sadrže više vrsta knjiga te se jedna vrsta knjige može nalaziti na više paleta i paketa što u velikoj mjeri otežava prijem robe i prebrojavanje odnosno kontrolu količine knjiga. Samim time prijem robe oduzima velik dio vremena i velik dio resursa (u ovom slučaju radnika). Ukoliko stanje robe odgovara roba se slaže na palete tako da na istoj paleti budu knjige iste vrste te se roba sortira po razredima (npr. knjige za treći razred na jednu paletu i tako za svaki razred) kako bi se olakšala pohrana tj. ulaganje robe u skladište po lokacijama. Također na prijemu robe količina nove robe se unosi u sustav skladišta (WMS) preko skenera. Roba koja je prošla prijem r se tada odvozi na lokaciju u skladištu. To obavljaju studenti zaduženi za ulaganje odnosno premještaj robe.

4.2. Pohrana robe

Kada skladište zaprimi robu i pripremi ju za odlaganje u prostor skladišta vrši se sama pohrana robe. Određivanja skladišnog prostora gdje je potrebno smjestiti robu ovisi o načinu funkcioniranja skladišta i periodu kada se ta roba pohranjuje. Ako je početak projekta i kada se tek pune lokacije knjigama tada smještaj robe nije toliko bitan osim određene vrste robe (likovne mape i kutije za tehničku kulturu) koja uvijek ima unaprijed određenu lokaciju. Robu je moguće smjestiti na unaprijed određeno mjesto za tu robu ili na prvo slobodno mjesto koje uoči skladišni radnik. Nakon odlaganja robe potrebno je zabilježiti mjesto u sustav putem skenera na koje je odložena kako bi se u svakom trenutku znalo gdje se roba nalazi te kako bi se ubrzao proces pronalaska i podizanja robe sa skladišta. Roba odnosno knjige koje se prodaju u velikim količinama se slažu na lokaciju do maksimalne količina koja je unaprijed dogovorena. Najčešće je to do 2500 knjiga odnosno jedna popunjena paleta do visine 1.5 metara kako bih svaka osoba koja će kasnije skupljati te knjige po nalogu mogla uzeti sa lokacije. Ukoliko sva roba ne stane na lokaciju tada se višak robe stavlja na rezervu u dio skladišta predviđen za to. Kasnije kako se roba na lokaciju smanjuje tako se roba sa rezerve premješta na tu lokaciju odnosno zalihe na lokaciji se konstantno pune.

Načela uskladištenja:

- težu robu skladištiti u nižim predjelima skladišta ,

- robu velikog broja obrtaja skladištiti bliže izlazu,
- robu velikih vrijednosti čuvati na posebnom mjestu,
- robu malih količina skladištiti na regale.

4.3. Podizanje robe (sakupljanje)

Proces skupljanja robe započinje nakon zaprimanja narudžbe koju obrađuje operater. U samoj obradi narudžbe priprema se potrebna dokumentacija, pregledava dostupnost robe, nakon čega slijedi prosljeđivanje narudžbe prema radnicima koji su obučeni za skupljanje robe. Nakon što se u skladišta zaprimi narudžba slijedi njezino prikupljanje prema vrsti/količini i priprema za otpremu. Studenti preuzmu nalog odnosno narudžbu na kojoj je spisak robe koju je potrebno prikupiti te količina te robe. Roba se skuplja u plastičnim sanducima te kada radnik skupi svu robu tada sanduk ostavlja na posebno mjesto (paletu) odakle ju dalje preuzimaju radnici zaduženi za komisioniranje.

4.4. Komisioniranje

Komisioniranje je proces izuzimanja robe iz skladišnih lokacija na temelju zahtjeva korisnika. [11] Komisioniranje je prisutno u gotovo svim vrstama skladišta. Od malih pričuvnih pa sve do velikih centralnih skladišta. U primjeru iz prakse radnici zaduženi za komisioniranje uzimaju plastične sanduke sa robom (kištre) te ih stavljaju na svoj stol sa računalom koji ima funkciju blagajne sa skenerom. Tada radnici skeniraju svaku stavku (knjigu) sa tog naloga te ukoliko sva prikupljena roba odgovara onoj iz narudžbenice tada se nalog zaključuje te je spreman za pakiranje.

4.5. Pakiranje

Pakiranje je aktivnost koja dobiva sve više pozornosti jer ima važnu ulogu, a također i mnoge funkcije. Pakiranje je doživjelo veliki razvoj jer je osim zaštitne funkcije dobilo i mnoge druge funkcije koje proizvođači nastoje iskoristiti kako bi se što više približili krajnjem potrošaču. [12]

Tijekom projekta škola firme Ekupi pakiranje spada među najosjetljivije poslove jer je potrebna brzina radnika, a u isto vrijeme i kvaliteta rada. Na pakiranju postoji sedam vrsta

ambalaže u koje se pakiraju knjige: koverte za do pet knjiga, mala kutija za do 10 knjiga, 4 vrste kutija istih dimenzija no različite dubine te jumbo kutija koja se najčešće koristi ukoliko je potrebno zapakirati torbe ili krupniju ili jako osjetljivu robu te se u nju doda meko punjenje za zaštitu tijekom transporta. Radnici na pakiranju ovisno o količini robe po nalogu odabiru odgovarajuću kutiju te trakom za lijepljenje učvršćuju paket. Nakon toga gotovi paket se slaže na određenu paletu ovisno o tome koji datum piše na paketu jer se tijekom radnog vremena radi više datuma u isto vrijeme.

4.6. Otprema robe (ekspedit)

Otprema robe je proces u kojem se iskomisionirana i spakirana roba priprema za slanje daljnjem korisniku. Prije nego roba se utovari na kamion obavlja se i kontrola koja provjerava da li količina robe navedene na otpremnici odgovara količini robe koja se otprema kako bi se smanjio broj netočnih isporuka i samo nezadovoljstvo kupaca, a ujedno i osiguralo kako se u skladištu ne bi pojavili fizički viškovi/manjkovi robe u odnosu na stanje u sustavu. Proces otpreme podrazumijeva i izradu prateće dokumentacije koja ide uz robu i druge administrativne aktivnosti vezane za dokumente. [13]

Otprema robe tijekom projekta škola funkcionira tako da radnik ekspedita premješta paletu s gotovim paketima od pakiranja do svog radnog mjesta sa svojim računalom i skenerom. Hrvatska pošta je zadužena za otpremu iz skladišta i kasniju dostavu do krajnjeg korisnika. Njihov kamion prima 15 paleta te se i sam ekspedit prilagođava tome tako da radi listu za otpremu na svakih 15 paleta. Radnik ekspedita gotove pakete skenira te dodaje na listu za otpremu te ih slaže na novu paletu po određenom principu ovisno o tome koje vrste kutija skenira. Na jednu paletu u prosjeku stane 70 kutija. Ekstremni slučajevi su na kraju projekta kada se rade zaostaci i reklamacije te tada većinu paketa čine koverte te njih stane oko 400 komada na jednu paletu.

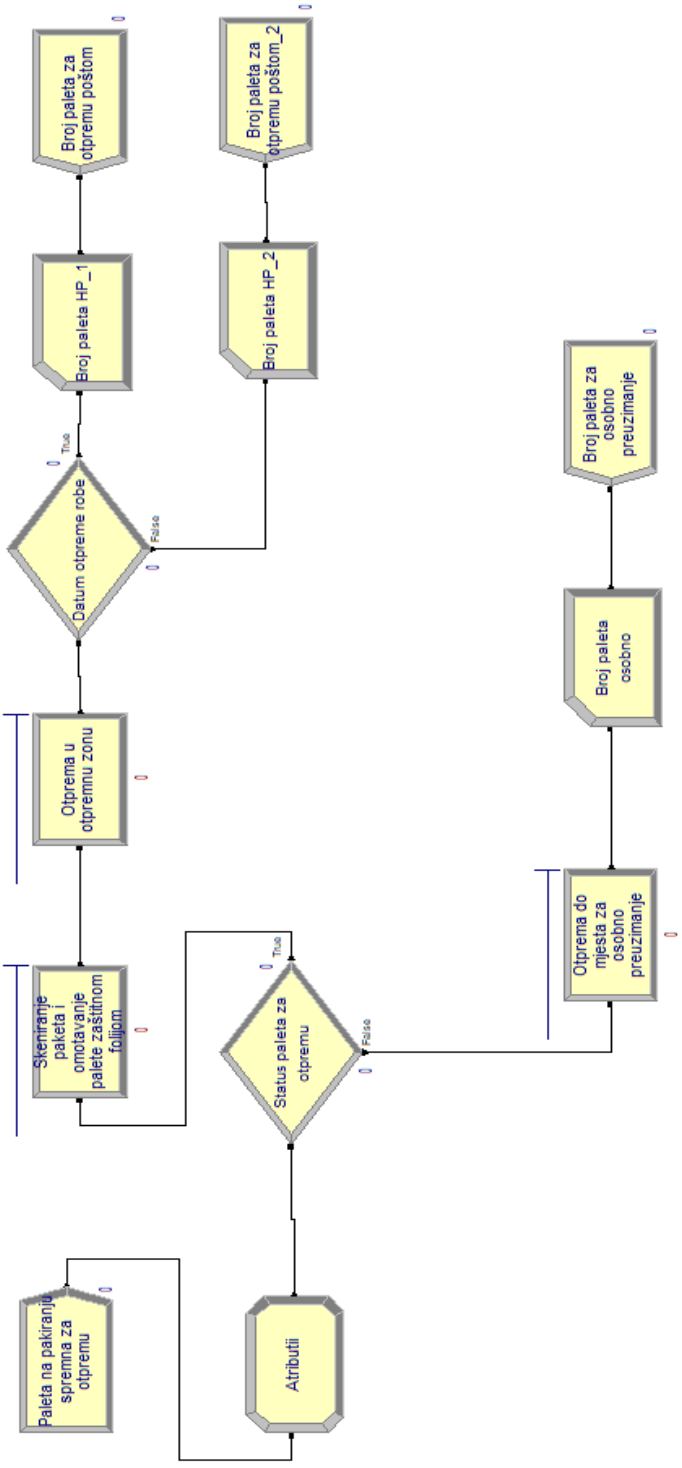
Nakon što su paketi posloženi radnik zapisuje broj paketa na toj paleti te ukupan broj paketa na toj listi za otpremu. Paletu je potrebno omotati folijom kako bi paketi ostali na svom mjestu za vrijeme transporta kamionom. Na kraju radnik odvozi paletu u prostor na otpremu tj. blizu rampe za utovar/istovar (Slika 5).



Slika 5. Palete spremne za otpremu kamionom (izradio autor)

4.6.1. Simulacija procesa otprema robe

Promatra se proces otpreme robe iz realnog sustava tvrtke Ekupi (Slika 6). Ekspedit tj. otpremu robe obavlja jedan radnik, a ovisno o obujmu posla taj posao može raditi i više ljudi u slučaju većeg obujma posla kako sustav ne bi ostao zatrpan.

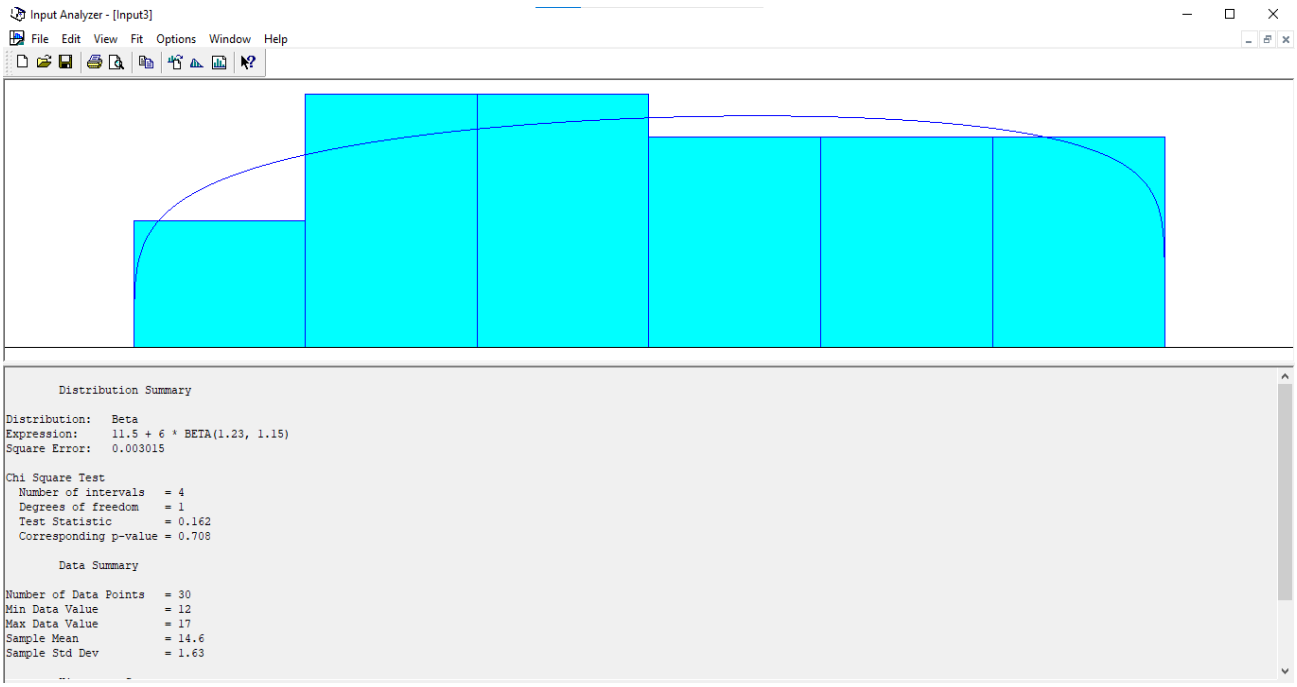


Slika 6. Prikaz simulacijskog modela otpreme robe (izradio autor)

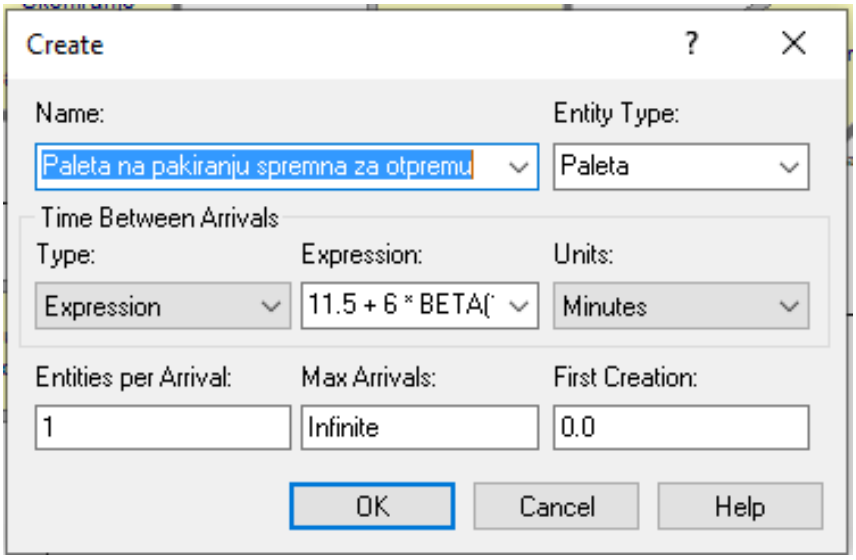
D	E	F	G	H
1	Vrijeme otpreme palete za osobno preuzimanje	Vrijeme potrebno za skeniranje i folijanje	Vrijeme otreme robe na utovarnu rampu	Minute potrebne da pakiranje napuni paletu
2				
3	80	7	51	12
4	80	4	40	12
5	50	5	60	13
6	60	7	50	13
7	70	7	45	16
8	70	7	65	16
9	60	6	50	17
10	100	8	46	16
11	120	8	54	16
12	120	9	50	15
13	90	10	47	14
14	114	4	53	15
15	70	5	50	14
16	50	6	48	14
17	54	5	52	17
18	55	8	50	14
19	53	8	49	13
20	58	9	51	15
21	70	8	50	15
22	80	7	50	14
23	80	6	38	13
24	83	6	62	14
25	81	9	55	15
26	73	7	48	17
27	80	6	54	16
28	77	8	53	17
29	75	7	45	17
30	66	7	56	13
31	78	7	50	13
32	69	8	52	12

Slika 7. Empirijski prikupljeni podaci korišteni za simulaciju (izradio autor)

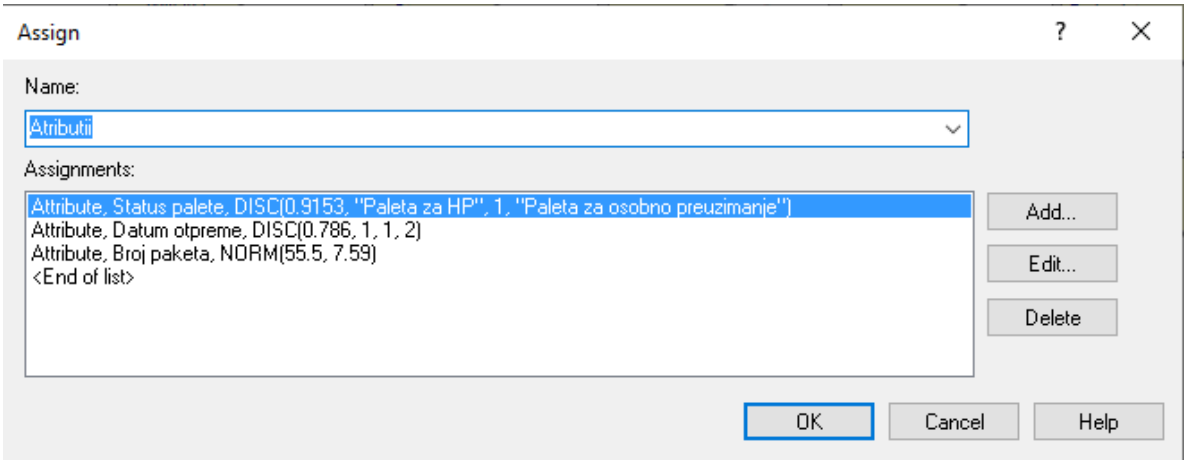
Slika 7. pokazuje prikupljene podatke iz stvarnog sustava koji će u simulaciji biti opisani razdiobama koje najbolje opisuju podatke pomoću alata Input Analyzer (Slika 8). Mjerenjem u realnom vremenu je utvrđeno da se palete sa pakiranja pune različitim tempom ovisno o broju radnika na pakiranju, vrsti paketa itd. Input Analyzer alatom dobivena je beta razdioba koja najtočnije opisuje realne što je i ulazni podatak u simulacijskom procesu (Slika 9).



Slika 8. Primjena Input Analyzer alata za određivanje razdiobe vezane za dolaske gotovih paleta na ekspedit (izradio autor)

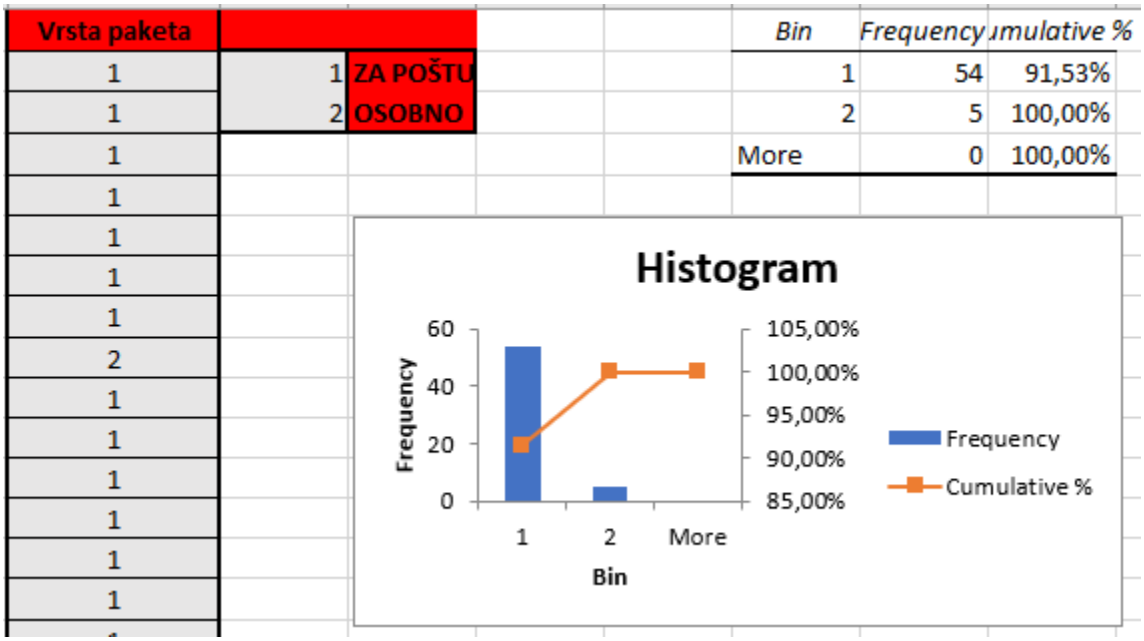


Slika 9. Prikaz ulaznih podataka (izradio autor)



Slika 10. Prikaz dodanih atributa (izradio autor)

Rade se do dva datuma otpreme veći dio projekta radi pojednostavljenja procesa. Svaki datum ide na posebnu paletu te su opisani diskretnom razdiobom u kojoj glavni datum čini 78.6% paleta. 91.53 posto paketa je predviđeno za preuzimanje od strane pošte. Razdiobe su dobivene pomoću Excela i alata za analizu podataka tj. histograma (Slika 11. i 12.).

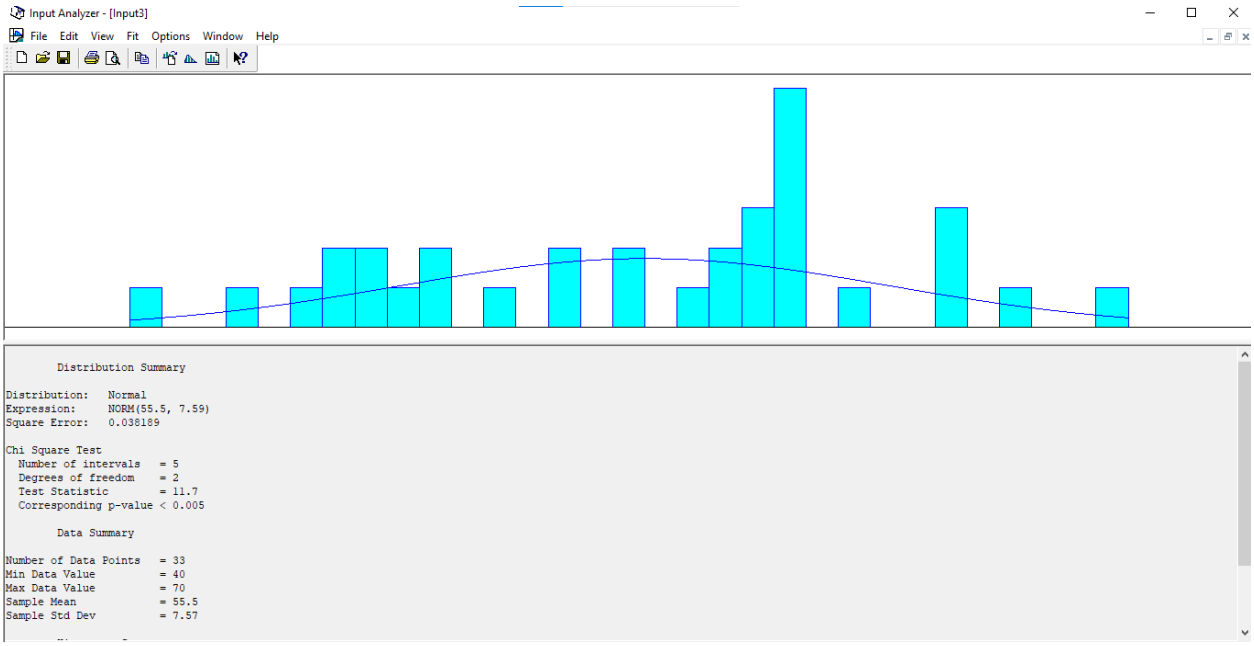


Slika 11. Određivanje postotka paleta za otpremu poštom i paleta osobnog preuzimanja (izradio autor)

P	Q	R	S	T	U
Datum otpreme			*Bin*	*Frequency*	*umulative %*
1	1		1	1212	78,60%
1	2		2	330	100,00%
2			More	0	100,00%
1					
2					
1					
1					
2					
2					
2					
1					
1					
1					
2					
1					
1					
2					
1					
2					
1					
1					

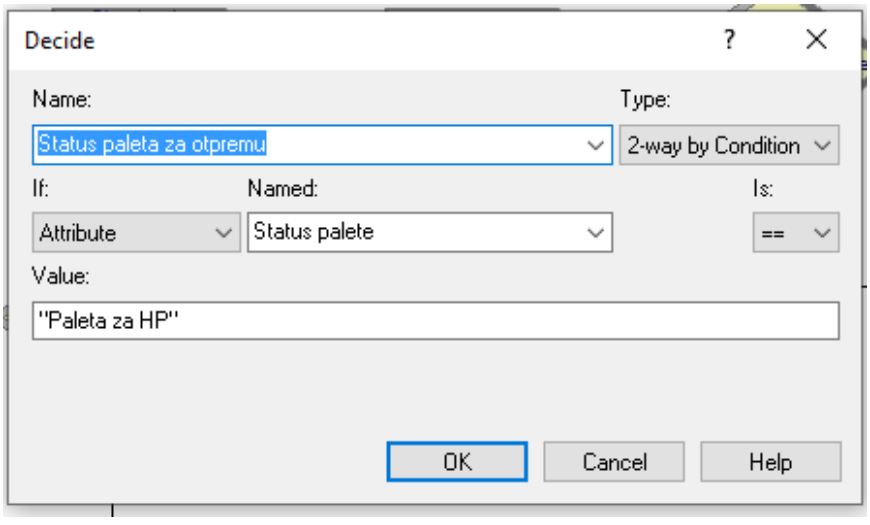
Slika 12. Određivanje postotka paketa po datumima otpreme (izradio autor)

Broj paketa nije uvijek isti na paleti zbog različitih vrsta paketne ambalaže te pobliže opisan normalnom razdiobom (Slika 13). Palete se transportiraju do ekspedita gdje radnik skenira te slaže palete na novu paletu za otpremu.



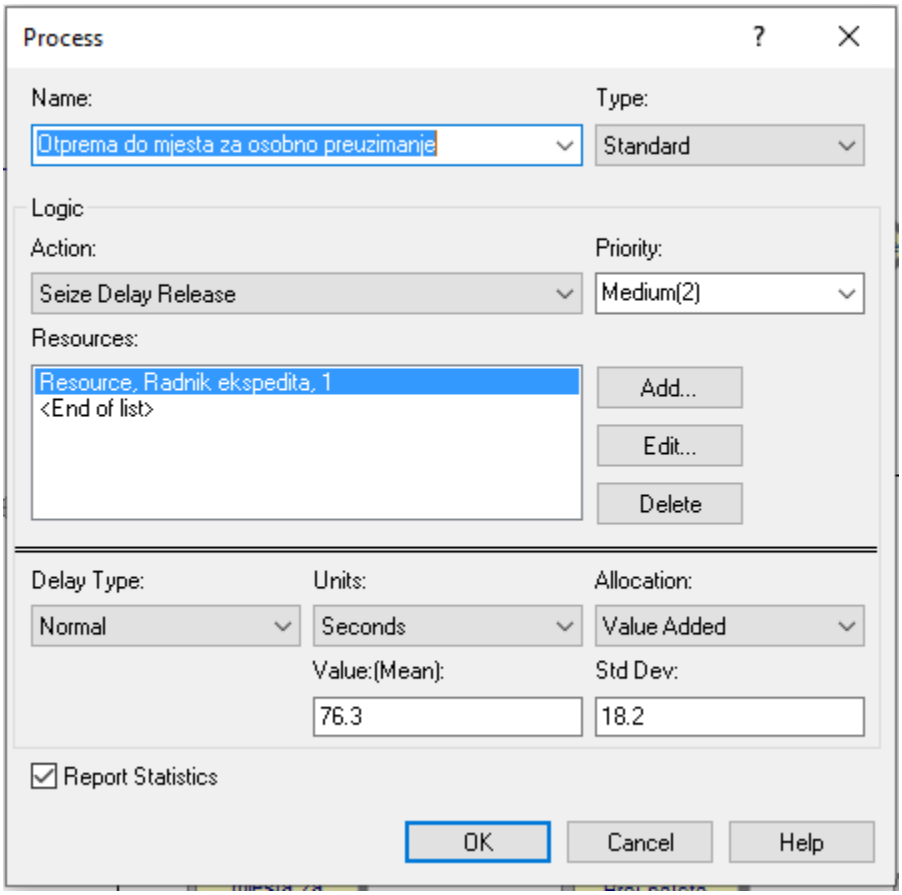
Slika 13. Broj paketa na paletama prikazan normalnom razdiobom (izradio autor)

Decide modul imena "Status paleta za otpremu" u realnom sustavu predstavlja odluku radnika kako će postupiti s tom paletom (Slika 14). Ako je paleta namijenjena za osobno preuzimanje tada ju radnik samo odvozi do prostora unaprijed određenog za te palete te time završava proces otpreme robe za osobno preuzimanje. Palete za otpremu poštom odnosno palete koje se utovaruju u kamion radnik skenira na posebnu paletu, omotava folijom te transportira do prostora za utovar.

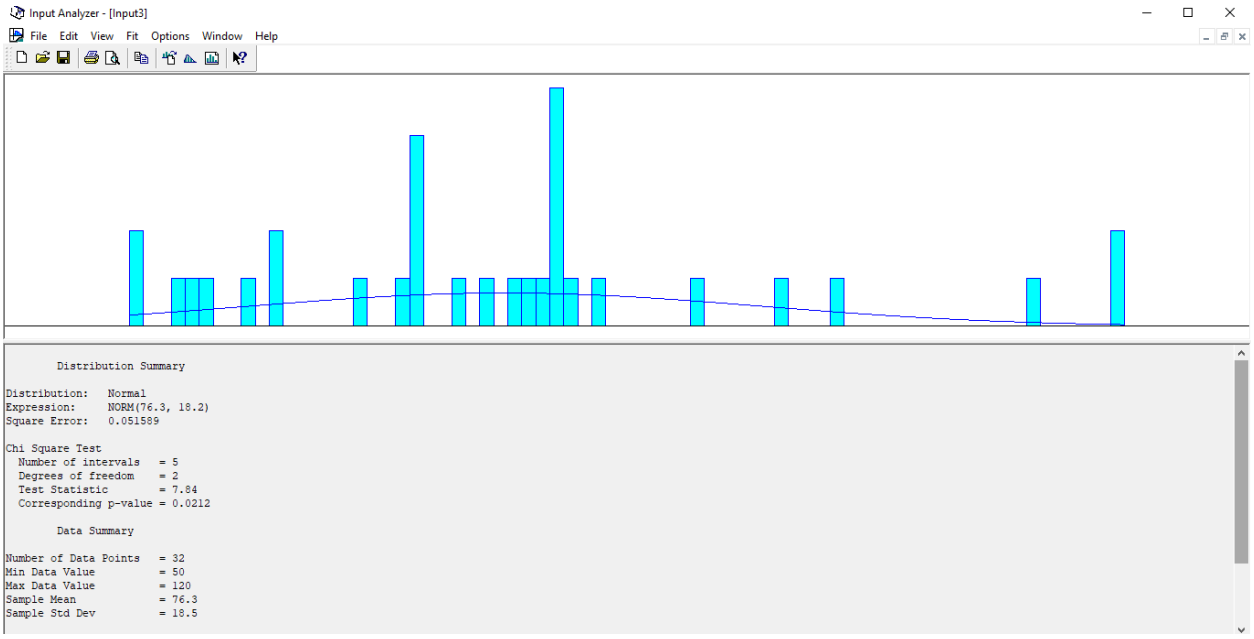


Slika 14. Odluka o vrsti otpreme palete (izradio autor)

Proces otpreme robe (Slika 15) za osobno preuzimanje te robe za slanje poštom obavlja isti resurs tj. u slučaju simulacijskog modela "Radnik ekspedita" te je slobodan kad obavi taj proces (Seize Delay Release). Vrijeme koje je potrebno resursu da obavi otpremu robe za osobno preuzimanje je u Input Analyzer alatu opisano normalnom razdiobom po kojoj je najčešće potrošeno vrijeme za proces 76.3 sekunde, a odstupanje iznosi 18.2 sekunde (Slika 16).

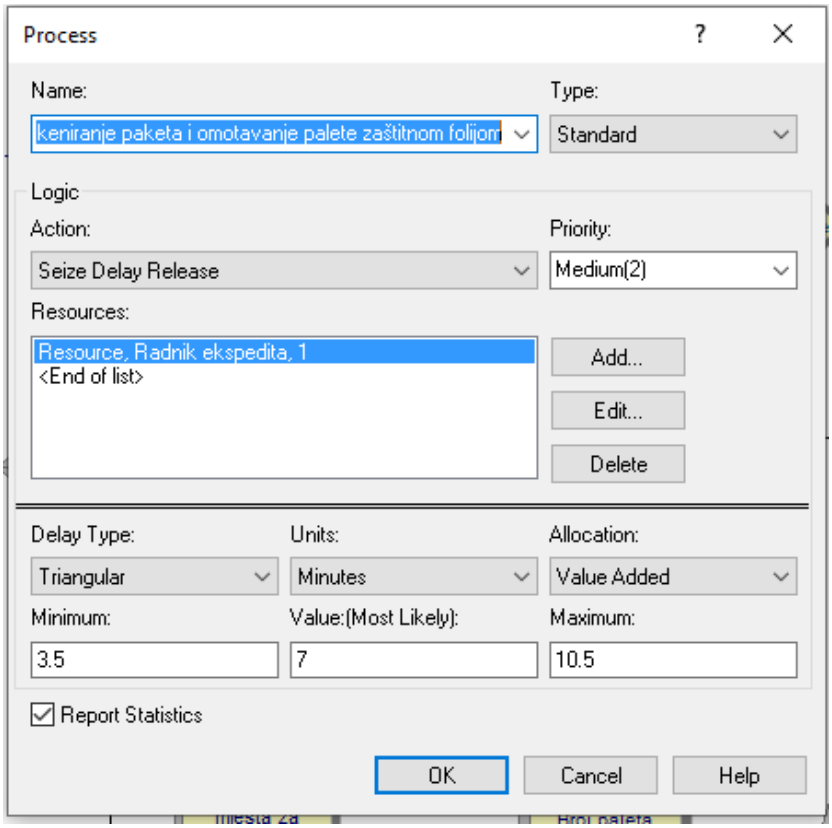


Slika 15. Prikaz procesa otpreme robe za osobno preuzimanje (izradio autor)

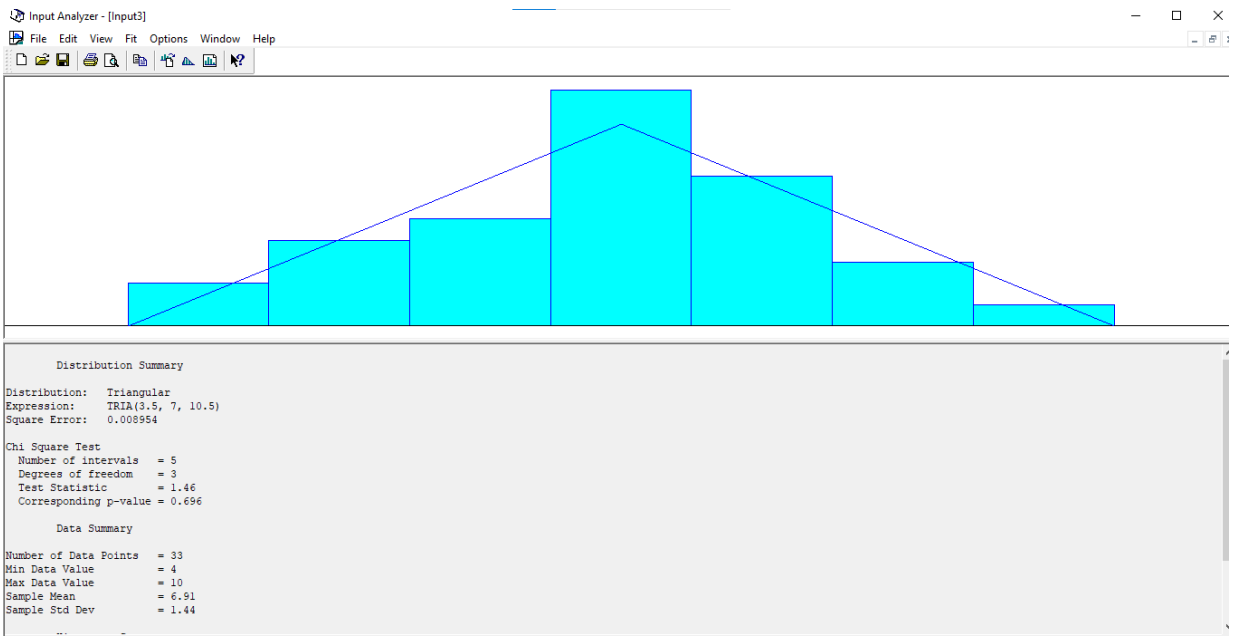


Slika 16. Proces otpreme robe za osobno preuzimanje pobliže opisan normalnom razdiobom u Input Analzyer alatu (izradio autor)

S druge strane proces otpreme robe namijenjene za poštu je kompliciraniji i oduzima više vremena te je podijeljen u dva procesa. Prvi (Slika 17) se odnosi na samo skeniranje paketa i omotavanje palete te je opisan trokutastom razdiobom (Slika 18). Najčešće vrijeme potrebno radniku za obavljanje procesa je sedam minuta, minimum je 3.5, a maksimum 10.5. Sve ovisi i o nizu slučajnih događaja koji nisu opisani simulacijom (potrebno dodatno učvrstiti paket, potrebno pažljivo slaganje paketa, nedostatak folije itd.).

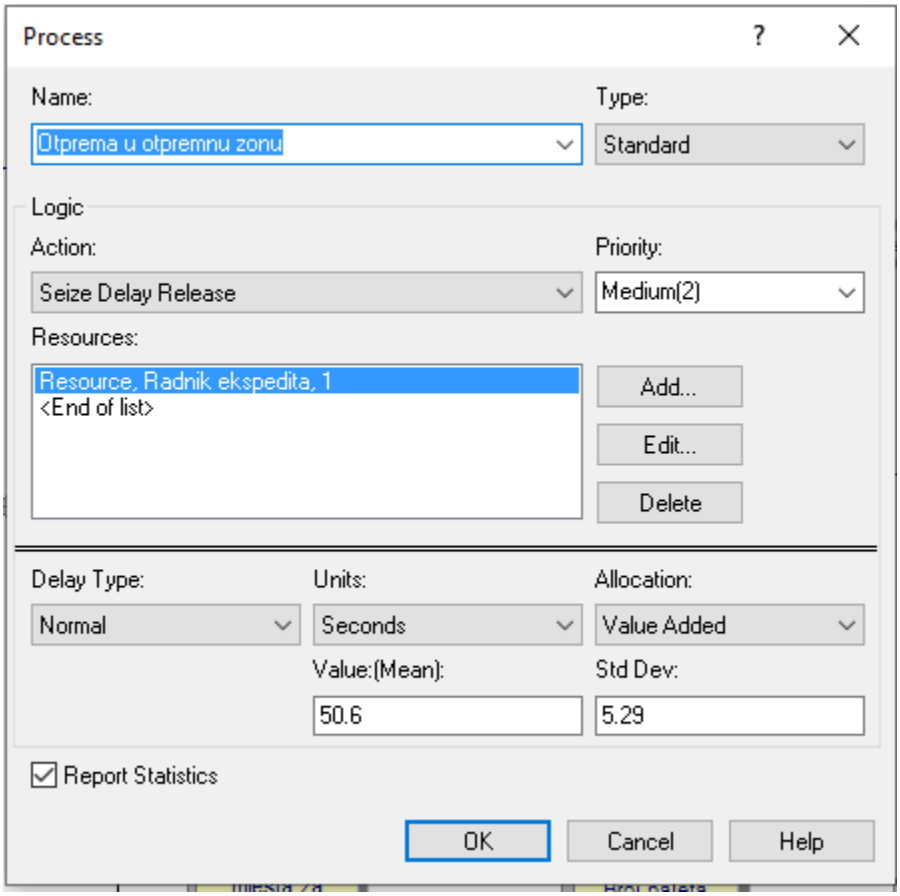


Slika 17. Prikaz procesa skeniranja paketa i omotavanja paleta (izradio autor)

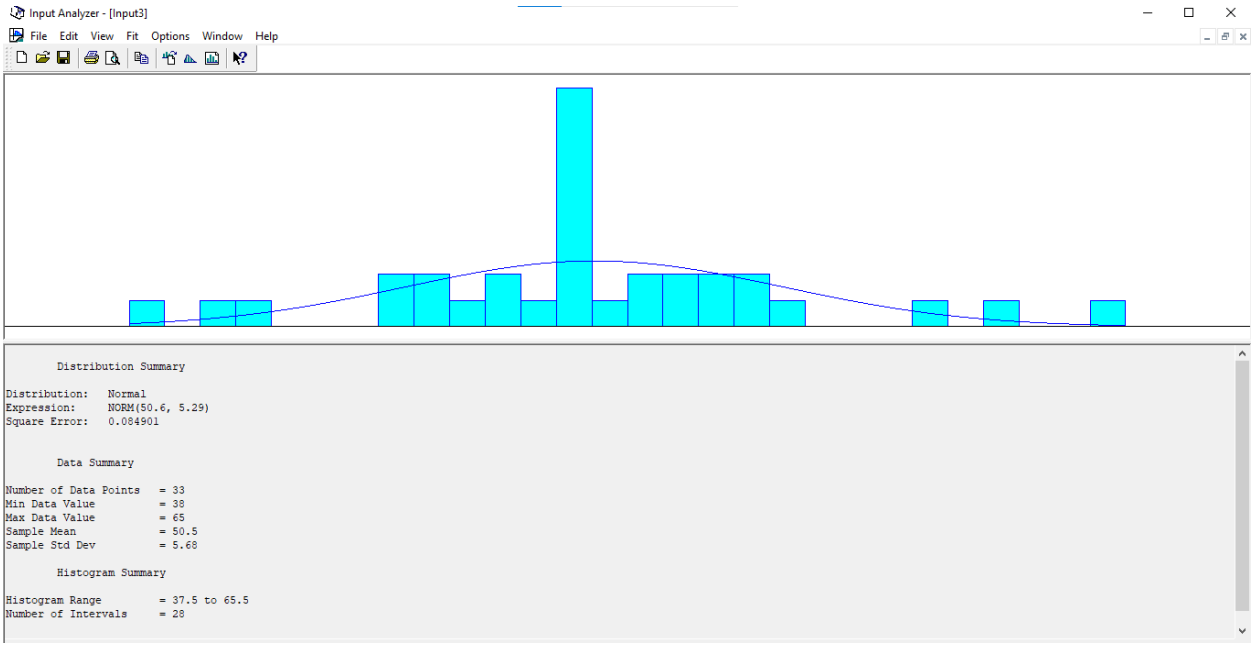


Slika 18. Proces skeniranja paketa i omotavanja paleta pobliže prikazan trokutastom razdiobom (izradio autor)

Drugi proces je sama otprema tj. transport gotove palete (Slika 19) do zone za otpremu opisan normalnom razdiobom sa najčešćim vremenom utrošenim na proces od 50.6 sekundi, a standardnom devijacijom 5.29 sekundi (Slika 20). Ovisno o težini palete i preprekama na putu radnik ne transportira svaku paletu u istom vremenu.

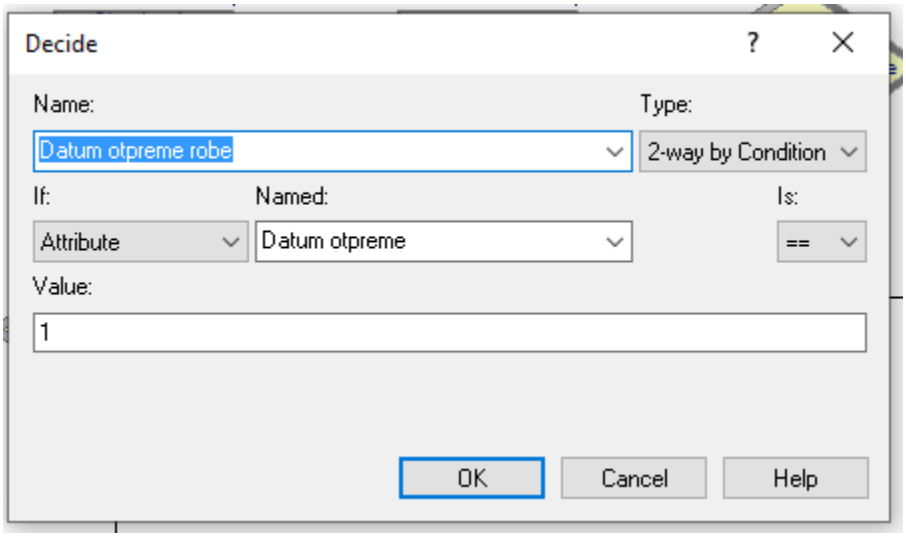


Slika 19. Prikaz procesa otpreme palete u otpremnu zonu (izradio autor)



Slika 20. Proces otpreme palete u otpremnu zonu pobliže prikazan normalnom razdiobom (izradio autor)

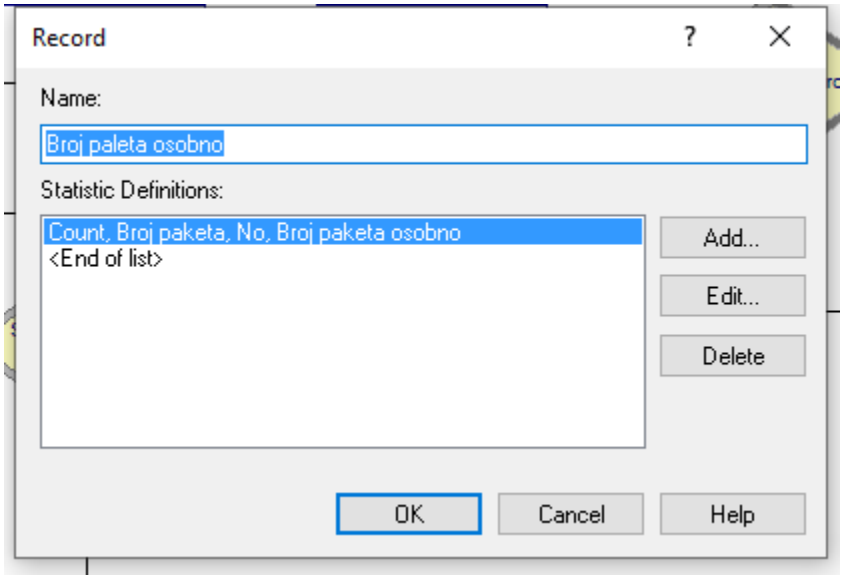
Nakon dva procesa otpreme paleta za poštu u simulaciji dolazi do modula decide (Slika 21). Odluka se dovodi po uvjetu ako nam prethodno dodan atribut “Datum otpreme“ ima vrijednost jedan. Ako je uvjet istinit tada se zbrajaju palete za datum koji je većina skeniranih paketa, a ako je lažan tada se zbrajaju palete za preostali datum.



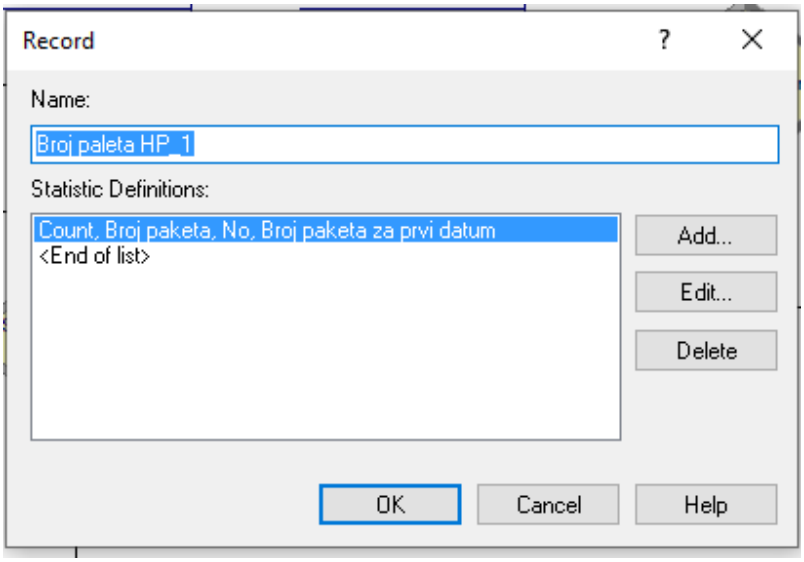
Slika 21. Modul odluke o datumu otpreme (izradio autor)

Na kraju nam ostaju dva modula s kojim završava simulacija. Vezani su i za palete osobnog preuzimanja i palete za poštu. Prvi je modul record nazvan “Broj paleta osobno“ pomoću kojeg se zbraja broj paketa osobnog preuzimanja (Slika 22).

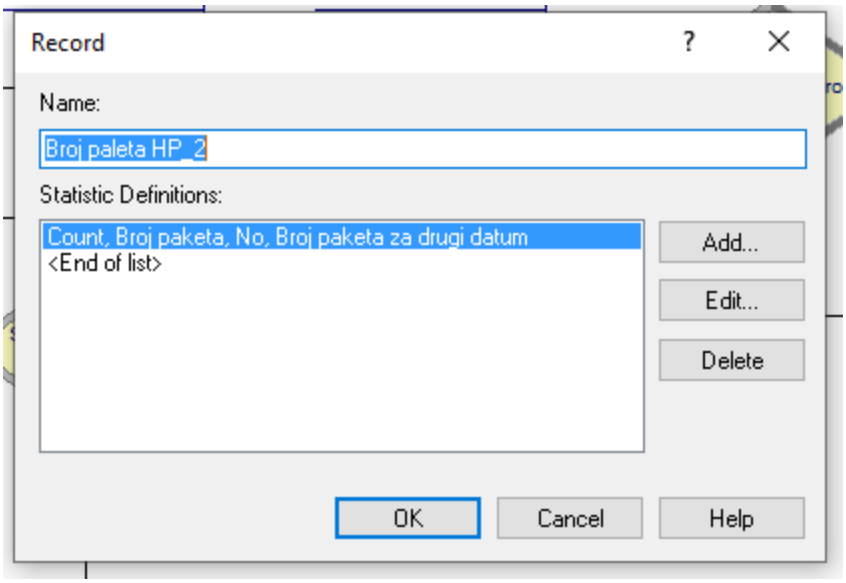
Na slici 23. i slici 24. prikazani su moduli za zbrajanje paketa predviđenih za preuzimanje od pošte. Odvojeni su zbog svojeg datuma te svaki datum ide na posebnu listu, a samim time i u posebni kamion.



Slika 22. Modul record za brojanje paketa za osobno preuzimanje (izradio autor)

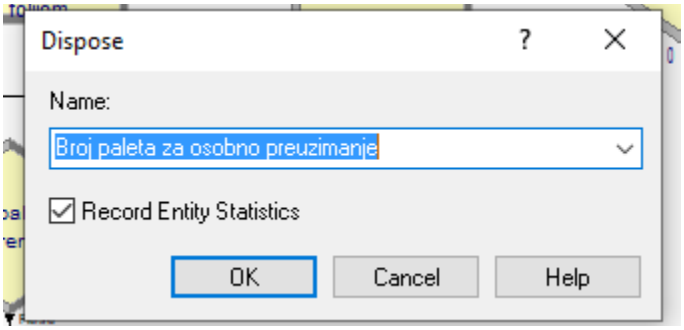


Slika 23. Modul record za brojanje paketa za poštu prvog datuma (izradio autor)



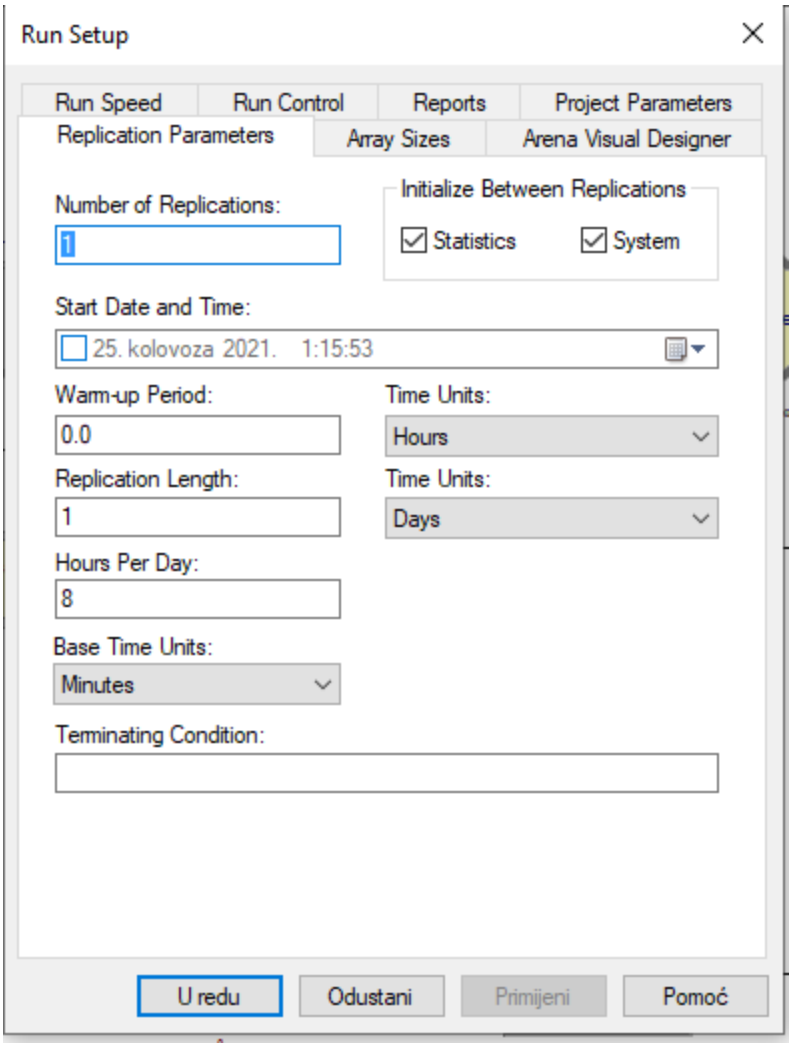
Slika 24. Modul record za brojanje paketa za poštu drugog datuma (izradio autor)

Simulacija završava modulom dispose koji odlučuje gdje se šalju palete. Simulacija sadrži tri dispose modula od kojih je na slici 25. prikazan dispose modul koji nam pokazuje broj paleta prikupljenih za osobno preuzimanje. To isto vrijedi i za palete predviđene za poštu.



Slika 25. Dispose modul “Broj paleta za osobno preuzimanje“(izradio autor)

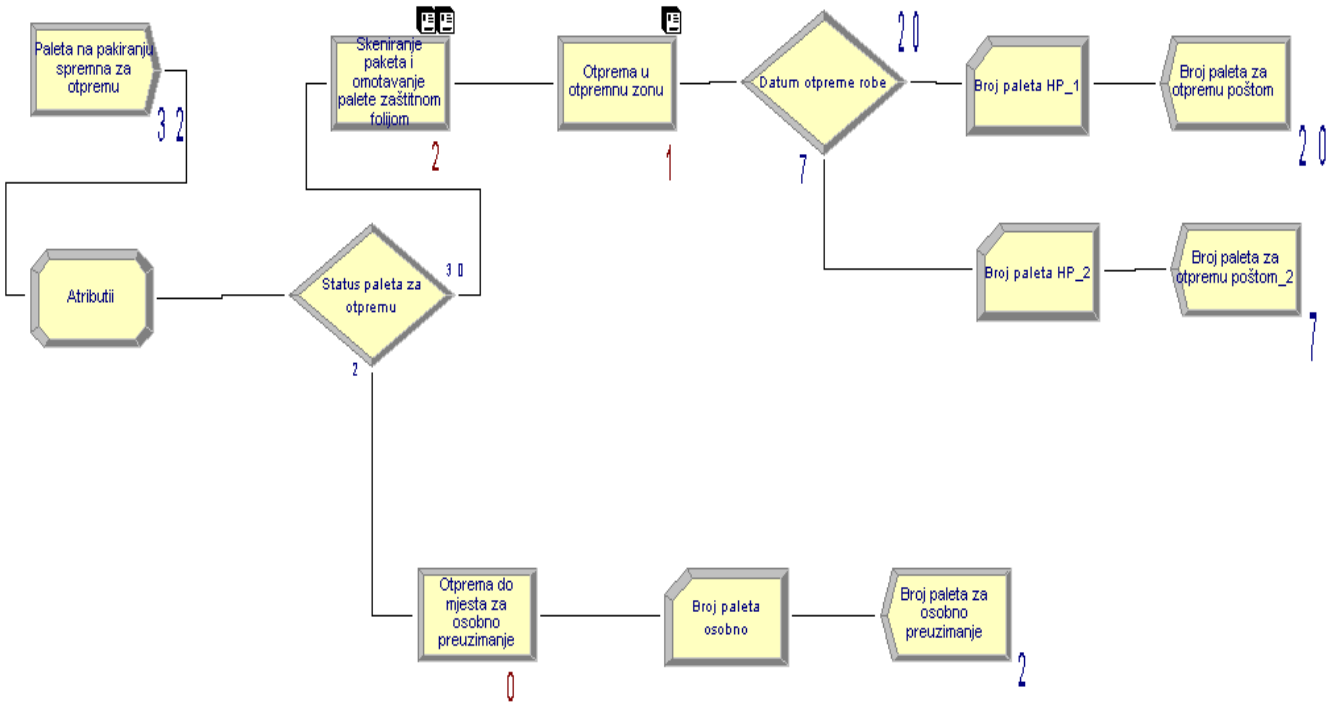
Prije započinjanja simulacije potrebno je namjestiti parametre kao što su broj ponavljanja simulacije, brzina simulacije, broj sati po danu itd. Određuje se i koji se rezultati prikazuju na kraju simulacije (Slika 26). U slučaju simulacije za otpremu robe određen jedan broj ponavljanja tijekom jedne smjene od osam sati.



Slika 26. Setup simulacije (izradio autor)

5. Prikaz rezultata simulacijskog eksperimenta

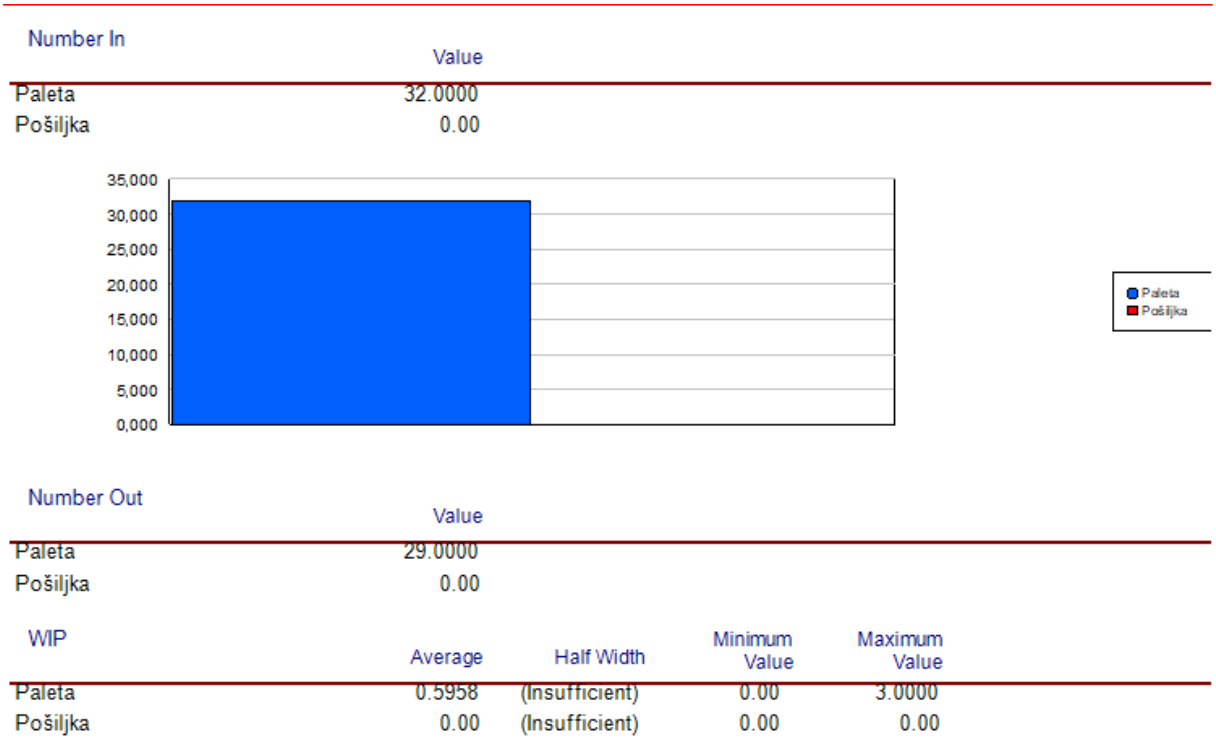
Na slici 27. je prikazana završena simulacija te se može vidjeti zadržavanje paleta u procesima vezanima za palete namijenjene pošti zbog toga što ti procesi oduzimaju najviše vremena resursu.



Slika 27. Prikaz završene simulacije (izradio autor)

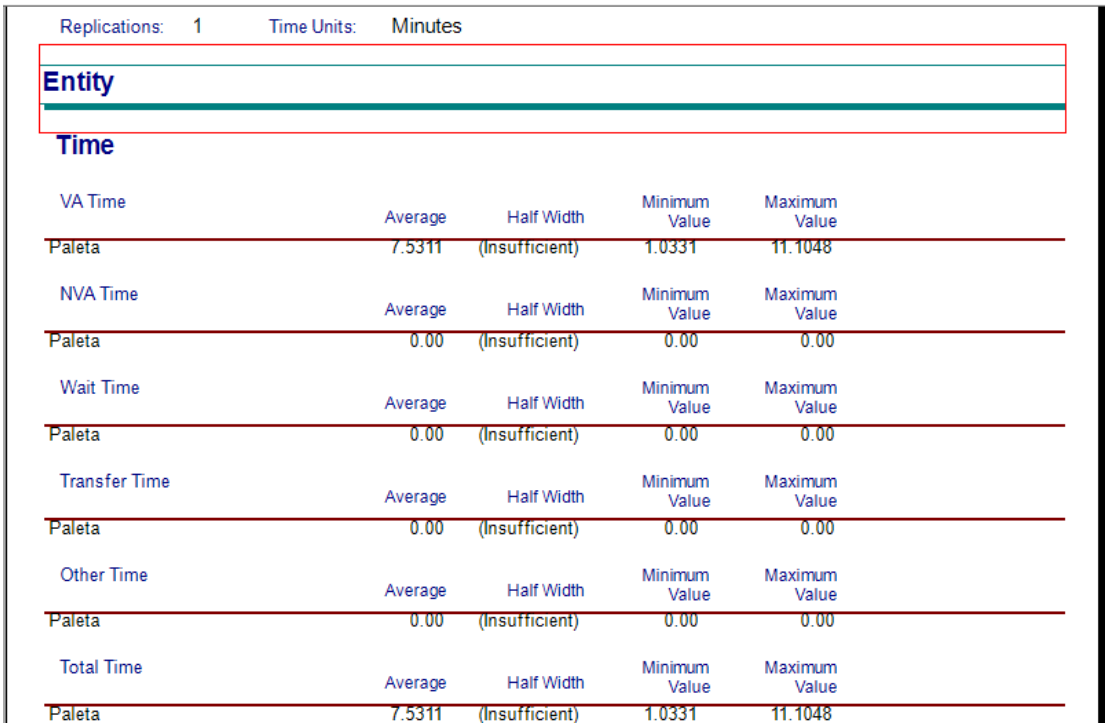
Dvije palete su ostale nedovršene na skeniranju paketa i omotavanju palete dok je jedna paleta ostala neotpremljena do utovarne rampe. Naravno, u praksi se paleta otprema do utovarne rampe, a i nedovršene palete se dovršavaju i i nakon završetka radnog vremena ili će radniku ekspedita doći ispomoć pred kraj smjene kako bi se sve stiglo obaviti. Na slici 18. i slici 19. prikazani su record i dispose moduli te broj paleta za svaku vrstu otpreme. Prvi datum za poštu sadrži 20 paleta dok drugi manje zastupljen sadrži sedam, a dvije palete su za osobno preuzimanje.

Program Arena omogućuje i pregled simulacije (category overview) koji pokazuje rezultate simulacije te raznovrsnu statistiku. Osnovni podatak dobiven simulacijom je broj paleta na ulazu u simulaciju uspoređen s onim na kraju simulacije. U sustav ulaze 32 paleta, a izlazi 29 paleta jer su tri palete zadržane u jednim od procesa njega što znači da nije nigdje došlo do značajnog zastoja (Slika 28). Tri palete koje su ostale, od kojih je jedna bila na putu za otpremu, bi se brzo odradile kako naknadno tako i pravovremenom reakcijom slanja pomoći radniku ekspedita.



Slika 28. Broj paleta na početku i kraju procesa otpreme robe (izradio autor)

Za simulaciju je bitno ukupno vrijeme zadržavanja entiteta od ulaska u sustav do njegovog izlaska. Entitet odnosno paleta se prosječno zadržala u sustavu 7.53 minuta, najdulje vrijeme zadržavanja palete u sustavu je 11.1 minutu dok je najkraće 1.03 minute (Slika 29).



Replications: 1 Time Units: Minutes

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Paleta	7.5311	(Insufficient)	1.0331	11.1048

NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Paleta	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Paleta	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Paleta	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Paleta	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Paleta	7.5311	(Insufficient)	1.0331	11.1048

Slika 29. Prikaz podataka vezanih za entitet tj. paletu (izradio autor)

Proces "otprema do mjesta za osobno preuzimanje" prosječno traje 1.24 minute, najdulje traje 1.45 minuta dok najkraće traje 1.03 minute (Slika 30). Otprema u otpremnu zonu oduzima najmanje vremena te u prosjeku traje 0.85 minuta. Skeniranje i omotavanje palete prosječno traje 7.24 minute te je to proces koji oduzima najviše vremena resursu te može uzrokovati zagušenje sustava. Na slici 31. grafički i brojčano je prikazano ukupno vrijeme utrošeno na procese tokom smjene od 8 sati.

Replications: 1 Time Units: Minutes

Process

Time per Entity

VA Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Otprema do mjesta za osobno preuzimanje	1.2418	(Insufficient)	1.0331	1.4505
Otprema u otpremnu zonu	0.8542	(Insufficient)	0.7008	1.1080
Skeniranje paketa i omotavanje palete zaštitnom folijom	7.2391	(Insufficient)	4.0535	10.2654

Wait Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Otprema do mjesta za osobno preuzimanje	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Otprema u otpremnu zonu	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Skeniranje paketa i omotavanje palete zaštitnom folijom	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Otprema do mjesta za osobno preuzimanje	1.2418	(Insufficient)	1.0331	1.4505
Otprema u otpremnu zonu	0.8542	(Insufficient)	0.7008	1.1080
Skeniranje paketa i omotavanje palete zaštitnom folijom	7.2391	(Insufficient)	4.0535	10.2654

Slika 30. Prikaz podataka o procesima u simulaciji (izradio autor)

Accumulated Time

Accum VA Time	Value
Otprema do mjesta za osobno preuzimanje	2.4836
Otprema u otpremnu zonu	23.0623
Skeniranje paketa i omotavanje palete zaštitnom folijom	202.70



Slika 31. Prikaz akumuliranog vremena za sve procese u simulaciji (izradio autor)

Maksimalni broj paleta koje čekaju proces otpreme robe za osobno preuzimanje je nula tj. paleta se odmah transportira do mjesta za preuzimanje. Dok je maksimalni broj paleta koje čekaju da budu otpremljene u otpremnu zonu je jedan, a maksimalni broj paleta koje čekaju na skeniranje i omotavanje je dva (Slika 32).

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Otprema do mjesta za osobno preuzimanje.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Otprema u otpremnu zonu.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Skeniranje paketa i omotavanje palete zaštitnom folijom.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Cost

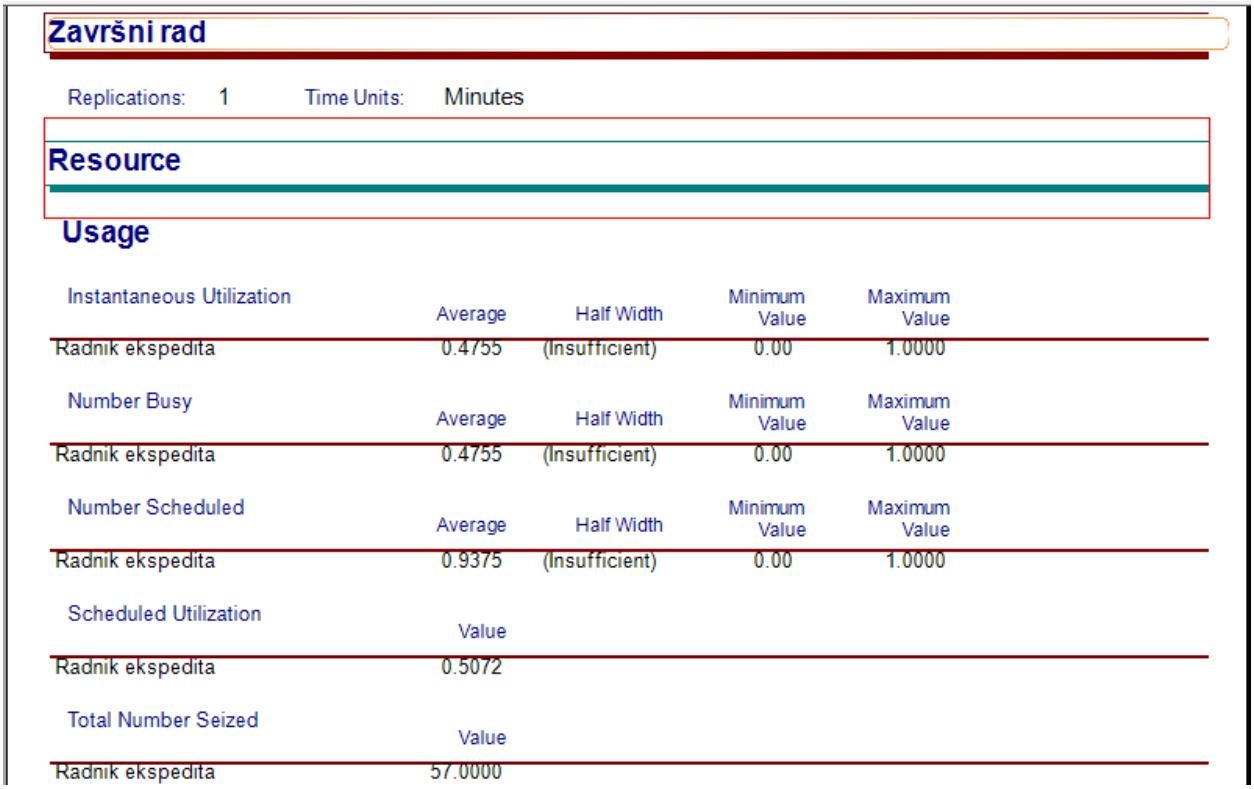
Waiting Cost	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Otprema do mjesta za osobno preuzimanje.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Otprema u otpremnu zonu.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Skeniranje paketa i omotavanje palete zaštitnom folijom.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Otprema do mjesta za osobno preuzimanje.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Otprema u otpremnu zonu.Queue	0.05940132	(Insufficient)	0.00	1.0000
Skeniranje paketa i omotavanje palete zaštitnom folijom.Queue	0.06088466	(Insufficient)	0.00	2.0000

Slika 32. Prikaz vremena čekanja u procesima u simulaciji (izradio autor)

Optimalna iskorištenost radnika je između 75 i 85 posto. U slučaju resursa iz simulacije odnosno radnika ekspedita iskorištenost je 47.55 posto što znači da dobar dio vremena provodi bez posla što je loše za njegovog poslodavca (Slika 33). No u praksi resurs obavlja i ostale skladišne poslove: uređuje liste za otpremu, printa i ispunjava papire za otpremu po potrebi, dovozi sebi palete na koje slaže pakete, dovozi paketnu ambalažu radnicima pakiranja te po potrebi obavlja i druge skladišne poslove ovisno o tome što je prioritet u tom trenutku.



Završni rad

Replications: 1 Time Units: Minutes

Resource

Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Radnik ekspedita	0.4755	(Insufficient)	0.00	1.0000

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Radnik ekspedita	0.4755	(Insufficient)	0.00	1.0000

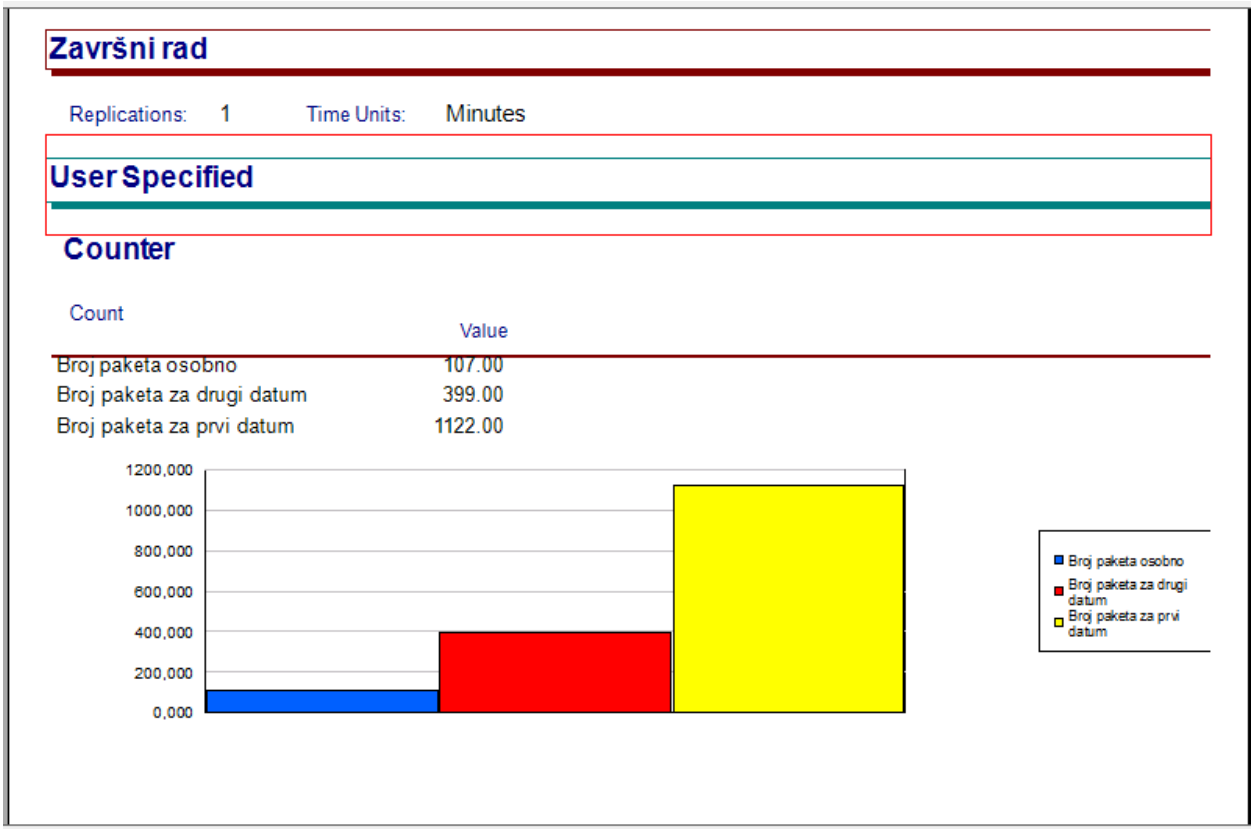
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Radnik ekspedita	0.9375	(Insufficient)	0.00	1.0000

Scheduled Utilization	Value
Radnik ekspedita	0.5072

Total Number Seized	Value
Radnik ekspedita	57.0000

Slika 33. Prikaz iskorištenja resursa (izradio autor)

Za tvrtku je važna informacija broj odrađenih paketa u danu vidljiv na slici 34. Brojač koji je ubačen u simulaciju je izračunao 1122 i 399 paketa za otpremu Hrvatskom poštom dok je broj paketa za osobno preuzimanje 107.



Slika 34. Broj paketa odrađenih u smjeni (izradio autor)

U proces je ušlo 33 palete, a 30 paleta je izašlo iz njega što znači da nije nigdje došlo do značajnog zastoja (Slika 22). Tri palete koje su ostale, od kojih je jedna bila na putu za otpremu, bi se brzo odradile kako naknadno tako i pravovremenom reakcijom slanja pomoći radniku ekspedita.

Na temelju rezultata simulacije se dolazi do zaključka da je propusnost sustava dovoljna da se zadovolji potreban broj poslanih paketa u jednom danu čak i u slučaju većeg broja narudžbi. Resurs odnosno radnik ekspedita je iskorišten u dovoljnoj mjeri zajedno s ostalim poslovima koje obavlja u skladištu te se u obzir treba i uzeti umor tijekom radnog dana zbog težeg fizičkog posla koje ekspedit zahtjeva tako da bi uvijek trebalo biti vremena za povremeni odmor. Proces koji oduzima najviše vremena je skeniranje te omotavanje palete te se tijekom tog procesa može

dogoditi najviše slučajnih događaja (prazna baterija skenera, manjak paleta ili folije, puknuće palete ili paketa od težine i sl.) te može doći do većih redova čekanja. Od ulaza u sustav paleta provede prosječno 7.5 minuta dok ne bude spremna za isporuku ili osobno preuzimanje što je sasvim dobar rezultat s obzirom na količinu i opseg procesa između ulaza i izlaza palete iz sustava.

Proces bi se mogao poboljšati boljim pakiranjem robe jer svaki nedovoljno dobro zapakirani paket oduzima vrijeme radniku na ekspeditu no to već spada u ljudski faktor. Jako veliku ulogu u svemu ima umor radnika jer se ne može očekivati isti tempo obavljanja posla prvih dva i zadnjih dva sata smjene što može dovesti do gomilanja paleta pred kraj smjene, a samim time se stvara problem i za drugu smjenu. Ukoliko se primijeti gomilanje paketa koji nisu skenirani potrebno je pravovremeno poslati pomoć kako ne bi došlo do prevelikog gomilanja gotovih paketa na pakiranju. Veliku ulogu ima prostor koji je problem većine skladišta kao i sam razmještaj pozicija u skladištu. Ako je pakiranje na skučenom mjestu i palete s paketima s njima tada je prostor za manevar manji i potrebno je više vremena za transport palete. Udaljenost ekspedita od pakiranja također utječe na vrijeme transporta paleta. Ukoliko je potrebno prijeći pola skladišta od pakiranja do ekspedita tada raste vrijeme transporta, raste rizik da se posloženi paketi uruše ako nisu dobro posloženi i zbog velike koncentracije radnika je nekada potrebno pričekati da se oslobodi put. Put do rampe za otpremu bi također trebao biti minimalan te ako je moguće da se putem ne nalazi područje gdje se nalazi i mnogo drugih radnika koji bi mogli usporiti transport. Tako da planiranje skladišta već određuje efikasnost otpreme robe. Idealno bih bilo imati pakiranje blizu ekspeditu, a ekspedit blizu utovarnoj rampi.

6. Zaključak

Svrha ovog rada je bila objasniti razne simulacijske modele i alate te navesti najpoznatije kao i izrada simulacijskog modela otpreme robe na primjeru iz prakse. Također su objašnjeni i skladišni procesi te način funkcioniranja skladišta na primjeru projekta škola tvrtke Ekupi.

Razvoj računalne tehnologije je omogućio da se upravo ta tehnologija implementira u sve segmente modernog društva. Prilagodba novih tehnologija pojedinim aspektima života je olakšala ljudsku svakodnevnicu. Simulacijski alati koji se odnose na rješavanje problema u stvarnom svijetu postaju sve točniji te precizniji i interesantniji ljudima za korištenje. Pod simulacijske alate također spadaju i oni za simuliranje i optimizaciju skladišnih procesa i sustava. Starije inačice simulacijskih alata bile su ograničene na osnovno analiziranje brojeva i podataka, današnje inačice pružaju mogućnost 3D simulacija gdje je unose i odnosi elemenata i na taj način se jasno vide mogući problemi koji se bez toga ne bi mogli zamijetiti. Osim simulacija cjelokupnih kompleksnih sustava moguće je i modeliranje pojedinih procesa unutar sustava kao što je i otprema robe koja je i tema ovog rada. Danas postoje razni simulacijski alati koji se ističu u cijeni, kvaliteti, načinu te samoj lakoći korištenja i sl.

Glavno pitanje je što je cilj simulacije logističkih sustava, a to je da simulacija donosi mogućnost provedba eksperimenta u simulacijskom alatu. Bez simulacije eksperiment bi se provodio u realnom sustavu i vremenu. Razlika eksperimenta u stvarnosti i simulaciji za tvrtku je ta da simulacija ostvaruje uštedu na ulaganju u radnike, manipulacijska sredstva i ostaloj opremi kao i vremenu. Prvi korak prema uspješnoj simulaciji je precizno prikupljeni empirijski podaci koji su praćeni kroz cijelu godinu poslovanja poduzeća. Precizno prikupljeni podaci omogućuju laku i preciznu provedbu simulacije. Tijekom simulacije je potrebno poštivati korake modeliranja kako bi sama simulacija i njezini rezultati bili slični stvarnom sustavu.

Ukoliko je simulacija uspješna tada ona može omogućiti poduzeću unaprjeđenje nekog procesa ili sustava te poduzeću stavlja na uvid eventualne ishode i promjene u sustavu ako se promjene određeni parametri (u slučaju nedostatka radnika poduzeće prethodno napravljenom

simulacijom zna gdje se manjak radnika najviše osjeti te tako prilagođava funkcioniranje sustava tako da se problem minimalizira).

Simulacije nikada neće dati sto postotni rezultat, jer se u stvarnim sustavima javljaju slučajni događaji te mnogi kompleksni pod-procesi. Kod simulacijskih alata se primjenjuju pseudoslučajni brojevi ili događaji. Simulacijom se ne mogu predvidjeti događaji kao što je pad sustava, nestanak struje, odsustvo određenog broja radnika ili sam umor radnika te kvar viličara, skenera ili računala. Za preciznu simulaciju je zato potrebno uzeti što više faktora i događaja u obzir no neke slučajne događaje je nemoguće predvidjeti jer se ne pojavljuju periodično ili po nekom uzorku.

U završnom radu na praktičnom primjeru skladišnog procesa otpreme robe vršila se simulacija putem Arena Rockwell simulacijskog alata. Na temelju empirijskih podataka iz stvarnog sustava vršila se simulacija te su prikazani i analizirani njeni rezultati. Proučavanjem rezultata ostavljen je i osobni komentar na mogućnosti unapređenja procesa otpreme robe. Otprema robe nije komplicirani skladišni proces no postoji puno slučajnih događaja te je povezan te ovisan sa ostalim skladišnim procesima koji mu prethode (pakiranje, komisioniranje, sakupljanje). Otprema robe je primjeru iz prakse jedan od težih fizičkih poslova tako da tijekom radnog dana od osam sati dolazi do umora radnika i pada efikasnosti što dodatno komplicira simulaciju. Također može doći do kvara skenera, nedostatka folije za omotavanje, običnog markera za zapisivanje ili nedostatak paleta na koje se slažu paketi, nepravilno spakiran paket koji je potrebno vratiti na ponovno pakiranje itd. Na temelju toga može se zaključiti da simulacijski alati ne mogu u potpunosti prikazati realni sustav bez obzira o količini unesenih parametara i događaja no pravilnom primjenom se svaki proces može simulirati čime tvrtka ima uvid što im je potrebno za određeni skladišni proces ili sustav. Samim time implementacijom rezultata dobivenih simulacijom tvrtka može povećati efikasnost poslovanja, a samim time i profitabilnost što u konačnici omogućuje i povoljnije cijene za korisnike njihovih usluga.

Literatura

1. https://hrcak.srce.hr/160235
2. https://www.extendsim.com/prods_overview.html
3. https://www3.technologyevaluation.com/solutions/53971/extendsim
4. Slika 1. https://www.researchgate.net/figure/Two-level-simulation-model-using-the-hierarchic-structure-EXTENDSIM-environment_fig6_323782332
5. https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/arena-simulation.html
6. Slika 2. https://www.researchgate.net/figure/Example-Simulation-Model-with-Emissions-Template-left-side-Implemented-in-ARENA_fig1_221526485
7. Slika 3. https://slideplayer.com/slide/6998798/
8. https://www.flexsim.com/
9. Slika 4. https://www.planettogether.com/blog/visualizing-simulations-with-flexsim
10. 12 Đurđević B. D.; Komisioniranje upravljački aspekt, Saobraćaj 56, Beograd 2009
11. https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/07_06_2013__19011_Skladistenje_TL-5_7.pdf
12. https://amp.hr.freejournal.org/83048/1/pakiranje.html
13. Đurđević B. D., Razvoj modela za izbor i uobličavanje komisione zone, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2013.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj završni rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada pod naslovom **Primjena simulacijskog modeliranja u analizi procesa otprema robe iz skladišta**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, 9/1/2021 Zvonimir Puškić

(potpis)